

MELHORIA DA EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE DOBRAMENTO DE COMPONENTES

Elisardo do Prado Porto¹
Cassio Aurelio Suski¹
Adonis Menezes¹
Ulisses Filemon Leite Caetano¹
Eduardo Conceição¹

RESUMO

Esse projeto de pesquisa aplicada foi desenvolvido em parceria com empresa do ramo naval que beneficia componentes metalúrgicos por meio de processos de corte e dobramento de chapas. Durante o estudo inicial foi identificado que a empresa apresenta baixa eficiência desses processos, que estão relacionados, principalmente, à falta de padronização dos mesmos, ao leiaute não adequado da fábrica e à falta de conhecimento técnico dos colaboradores. O objetivo deste projeto foi proporcionar a melhoria da eficiência do processo de dobramento de componentes metalúrgicos. A metodologia utilizada baseou-se na análise de oportunidades de melhorias nos processos de corte e dobramento por meio de um PDCA (Plan, Do, Check and Act), bem como na cronoanálise, na determinação do leiaute da fábrica, na padronização dos processos e no desenvolvimento das habilidades dos colaboradores. Como resultados e conclusões obteve-se reduções do tempo setup de 29, 67 e 48 %, respectivamente, para a dobradeira 1, dobradeira 2 e guilhotina, totalizando uma economia de R\$ 17.675,75 por ano e um retorno do investimento de 7 meses.

PALAVRAS-CHAVE:

Melhoria de processo. Redução de desperdícios. Beneficiamento de chapas.

ABSTRACT

This applied research project was developed in partnership with a company from the naval branch that benefits metallurgical components through processes of cutting and folding of sheets. During the initial study it was identified that the company presents low efficiency of these processes, which are related, mainly, to the lack of standardization of the processes, the inadequate layout of the plant and the lack of technical knowledge of the employees. The objective of this project was to provide the improvement of the efficiency of the folding process of metallurgical components. The methodology used was based on the analysis of opportunities for improvement in the blending and blanking processes through a PDCA (Plan, Do, Check and Act), as well as in the chrono analysis, in the determination of the factory layout, in the process standardization and skills development. As a result and conclusions, set-up reductions of 29, 67 and 48%, respectively, were achieved for blending 1, blending 2 and blanking, totaling a saving of R\$ 17,675.75 per year and a return on investment of 7 months.

KEYWORDS:

Process improvement. Reduction of waste. Processing of sheets.

1 - IFSC - Instituto Federal de Santa Catarina

O município de Itajaí está localizado na região norte do litoral de Santa Catarina e possui uma população estimada para o ano de 2018 de 215.895 habitantes segundo o IBGE (2017). A configuração da estrutura industrial mundial confere ao setor metal mecânico e eletroeletrônico uma posição estratégica na trajetória de crescimento econômico de países e regiões, visto que atua na geração e difusão de novas tecnologias para os demais setores industriais (SEBRAE, 2008).

A região de Itajaí e Navegantes se destaca no segmento metalmeccânico e naval e desponta no cenário nacional pelo fato de estaleiros e empresas especializadas na construção de barcos de apoio às plataformas de produção de petróleo e gás se instalarem nos municípios. Esse fator é um dos motivos do crescimento e desenvolvimento econômico das cidades que viram seus PIBs (Produto Interno Bruto) crescer mais de 50% entre 2009 e 2011, de acordo com o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), acima da média estadual de 30% no mesmo período. Às margens do rio Itajaí-Açu, se concentra a maior parte das cerca de 70 empresas de construção naval de Santa Catarina (2014, REVISTA PORTUÁRIA).

Notadamente, de maneira geral, estes setores da economia (Metalmeccânico e Construção Naval) carecem de apoio tecnológico para desenvolvimento de produtos e processos e, a pesquisa aplicada, pode atuar a fim de suprir tal carência, proporcionando o desenvolvimento de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento relacionados à administração de produção e fornecendo soluções tecnológicas a estes setores.

A partir deste contexto, o objetivo desse projeto foi proporcionar a melhoria da eficiência do processo de dobramento de componentes metalúrgicos de empresa que atua no setor naval.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica está subdividida nas seguintes seções: administração da produção e processos de corte e dobramento.

Administração da Produção

A Administração da Produção consiste no desenvolvimento e gestão do processo para atender uma determinada necessidade. Este fator está sempre em constante transformação, forçando as organizações a buscarem novas tecnologias para se manterem competitivas. A administração da produção é um conjunto de atividades que levam à transformação de um bem tangível em outro com maior utilidade, e esse conceito acompanha o homem desde sua origem (MARTINS e LAUGENI, 2002).

No entanto, o conceito de produção relacionado somente à transformação de bens físicos evoluiu também para a prestação de serviço, onde Moreira (2004, p 1, grifo do autor) relata que a administração está relacionada às atividades orientadas para a produção de um bem físico ou à prestação de um serviço. Neste sentido, a palavra produção relaciona-se às atividades industriais, enquanto a palavra operações refere-se às atividades desenvolvidas em empresas de serviços. A produção aborda alguns aspectos, dentre eles a produtividade, que é a relação entre o que se produz com o que é necessário para se produzir.

Compreende-se então que a produtividade está relacionada à gerência e aos administradores da organização, está focado diretamente onde a organização almeja alcançar, ou seja, a produtividade atua como um indicador na tomada de decisão. A produtividade implica em um melhor aproveitamento de funcionários, máquinas,

da energia e dos combustíveis consumidos, da matéria-prima, e assim por diante. A nível de uma empresa isolada, o senso comum acaba por ligar a produtividade a uma melhoria de competitividade e aumento nos lucros (MOREIRA, 2004).

Por meio do monitoramento da produtividade pode-se identificar a eficiência da produção e, juntamente, elaborar planos de ação para combater a ineficiência e a queda da produtividade. Outro fator importante para buscar a máxima produtividade é a redução de custos. Para Buffa (1976) os custos têm como objetivo, ser uma ferramenta para uma decisão. As reduções de custos nas organizações têm sido primordial na sua sobrevivência, por isso elas investem cada vez mais neste ponto, em melhorias que refletiram neste indicador, e que garantirão seu espaço no mercado competitivo.

Portanto, a Administração da Produção corresponde a transformação de algo a fim de suprir uma necessidade existente, e essa produção deve ser planejada no menor custo possível, minimizando as perdas, ampliando a produtividade, garantido rentabilidade e perpetuando a melhoria contínua para as organizações. As perdas são caracterizadas como operações ou movimentações desnecessárias que geram custos e não agregam valor, que resultam em dinheiro, tempo e recursos desperdiçados, além de adicionarem custos desnecessários aos produtos (WERKEMA, 2006). Os sete grandes tipos de perdas sem agregação de valor em processos produtivos, destacados pelo Sistema Toyota, são: Superprodução, Estoque, Espera, Transporte, Defeitos, Movimentação nas operações e Processamento (LIKER, 2005).

As transformações dentro da empresa, seja por processos manuais ou automatizados, têm fatores que influenciam diretamente no sucesso da mesma e, portanto,

precisam ser acompanhados. Conforme May (2007, p. 54), deve-se penetrar na necessidade de enxergar além do óbvio, para pensar em causa e efeito, nas repercussões de nossas ações e decisões, pois é o sistema por trás da ideia que gera o contexto. Aparentemente, grandes ideias se perdem no sistema o tempo todo.

Na empresa é necessário que lideranças persistam e observem, incansavelmente, o processo industrial a fim de visualizar oportunidades de melhorias. Entende-se que não se pode esperar algo acontecer para então decidir promover mudanças no processo. Diariamente tem-se oportunidades de melhorias no processo produtivo, basta estar atento ao andamento da empresa, observar aquilo que sai de seu fluxo normal. Portanto, além de conhecer a forma produtiva é necessário medir e acompanhar os resultados, pois todo negócio é um processo que precisa ser administrado para que se tenha os resultados planejados.

Processos de corte e dobramento

Processos de corte e dobramento são as operações mais comuns no processamento de metais planos empregados para preparar chapas para as etapas posteriores de processamento e montagem de diversos produtos finais (MORAIS, 2010).

Processo de corte por cisalhamento

No processo de corte (cisalhamento) realizado por guilhotina (Figura 1) as chapas são submetidas à ação de pressão exercida por uma faca ou uma navalha de corte.

As operações de corte de chapas de metal são obtidas por meio de forças de cisalhamento aplicadas na chapa pela ferra-

menta, criando tensões internas que, ultrapassando o limite de resistência ao cisalhamento do material, provocam a ruptura e finalmente a separação.

O corte é realizado fundamentalmente em três etapas:

- a) Deformação plástica
- b) Redução de área
- c) Fratura

Figura 1 – Guilhotina



(METAL FORMING HANDBOOK, 1998)

A figura 2 mostra o processo de corte por cisalhamento. Quando a faca pressiona a chapa, o material começa a deformar-se até que o limite elástico seja ultrapassado, então o material deforma-se plasticamente.

Com a manutenção da aplicação da força pela faca, o metal continua a deformar, reduzindo a área na região do corte (estricção).

Com o aumento da penetração da faca, se inicia a fratura, quando, então, ocorre o cisalhamento do material.

Processo de dobramento

No processo de dobramento de chapas, realizado por dobradeiras (Figura 3), os esforços são aplicados em duas direções opostas para provocar a flexão e a deformação plástica conseqüente, mudando a forma de uma superfície plana para duas superfícies concorrentes, em ângulo, e formando, na junção, um raio de concordância (Figura 3). Os esforços de conformação se concentram na região de concordância das duas superfícies. Na parte interna da região de concordância, surgem esforços de compressão e, na externa, de tração (BRESCIANI FILHO, 2011).

Figura 2 – Corte por cisalhamento



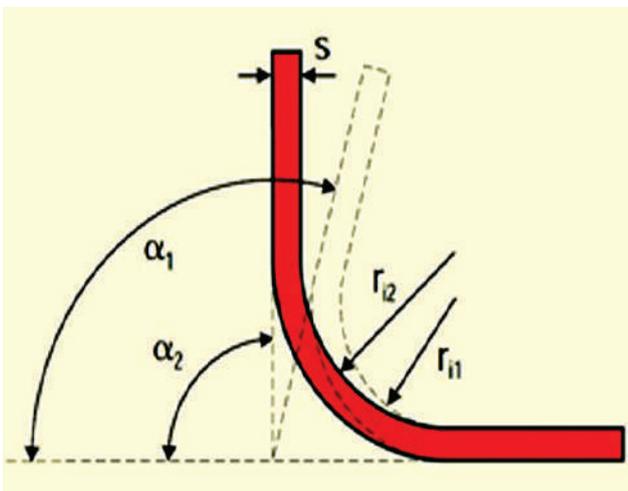
(BRESCIANI FILHO, 2011)

Figura 3 – Dobradeira



(METAL FORMING HANDBOOK, 1998)

Figura 4 – Dobramento de chapas



(METAL FORMING HANDBOOK, 1998)

METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos do projeto foi utilizada a metodologia de análise e solução de problemas PDCA (Plan, Do, Check and Act).

Foram analisados três equipamentos, sendo duas dobradeiras (Dobradeiras 1 e 2) e uma guilhotina de chapas.

Com o intuito de proporcionar uma melhoria na eficiência dos processos a metodologia foi dividida em quatro fases:

Análise de oportunidades de melhorias nos processos de dobramento e corte

Nesta etapa realizou-se uma filmagem das fases dos setups dos processos de dobramento e corte utilizados na empresa, bem como a cronometragem das diversas fases dos setups a fim de se levantar subsídios para as demais etapas do projeto.

Para realizar tal análise foram estudados os processos de dobramento e corte de chapas, com o intuito de identificar os desperdícios e gargalos de produção por meio de um PDCA, bem como gerou-se um plano de melhorias para desenvolvimento de tecnologia e de processos.

Determinação do leiaute da fábrica

Baseado nas observações identificadas nas filmagens e cronometragens foi estabelecido um leiaute que possibilite a otimização do processo produtivo, bem como uma orientação dos materiais e dos equipamentos de corte e dobramento a fim de garantir uma maior eficiência das etapas de produção.

Padronização dos processos

Nesta fase foram identificadas, por meio da cronoanálise, as etapas do setup das dobradeiras e da guilhotina, além de catalogar as ferramentas utilizadas durante o processo de setup e do desenvolvimento de suporte móvel para as ferramentas de dobramento com o intuito de reduzir o tempo de setup.

Desenvolvimento das habilidades dos colaboradores

Esta etapa pretendeu aperfeiçoar a habilidade de leitura e interpretação de desenho, da utilização de instrumentos de medição e do desenvolvimento de teorias e técnicas dos processos produtivos por meio de treinamento teórico e prático dos colaboradores.

RESULTADOS/ACHADOS E ANÁLISES

Levantamento de hipóteses para solução dos problemas

Inicialmente foram realizadas atividades de levantamento das causas dos problemas, bem como foram propostas algumas melhorias para aumentar a eficiência dos processos de corte e dobramento de chapas.

Durante a observação do processo de setup dos equipamentos percebeu-se que os processos de dobramento (dobradeiras 1 e 2) utilizam ferramentas específicas (Figuras 5 e 6) para realização da conformação das chapas que originam os componentes meta-

lúrgicos e, tais ferramentas, precisam ser trocadas a cada novo componente que é produzido. Estas ferramentas eram armazenadas, de forma aleatória, em uma bancada e geravam uma dificuldade de identificação de cada ferramenta para a realização do setup de máquina, conforme pode ser observado na figura 5.

A bancada apresentava disposição horizontal, dificultando a retirada das ferramentas e não apresentava o comprimento necessário para armazenamento das maiores ferramentas.

Na dobradeira 2 havia necessidade de utilização da empilhadeira para auxiliar na retirada das matrizes em “V” (parte inferior) de 3 metros de comprimento (Figura 6). Cada matriz em “V” era puxada para fora do equipamento a fim de possibilitar a sustentação da matriz por meio dos garfos da empilhadeira, gerando um desperdício de tempo de operador e de combustível da empilhadeira.

Percebeu-se que os procedimentos de realização do setup necessitam de padronização, de desenvolvimento de periféricos, bem como de capacitação básica dos colaboradores a fim de possibilitar uma melhor organização e eficiência de processo e, con-

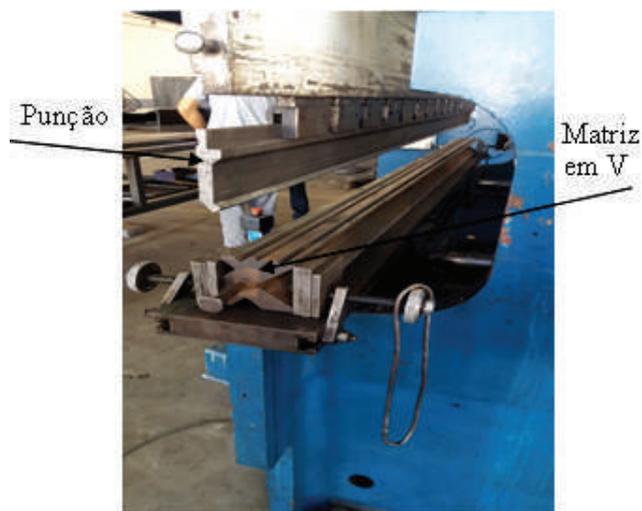
Figura 5 - Suporte de ferramentas (punções e matrizes) da dobradeira 1.



sequentemente, haja uma melhoria da qualidade de vida dos colaboradores.

Já para o caso da guilhotina percebeu-se que, quando da utilização de chapas de 6 metros, há necessidade de auxílio de uma empilhadeira (Figura 7) para que se mantenha a chapa levantada, pois a mesa de suporte das chapas não possui dimensão suficiente para chapas de 6 metros.

Figura 6 - Ferramentas (punções e matrizes) montadas na dobradeira 2.



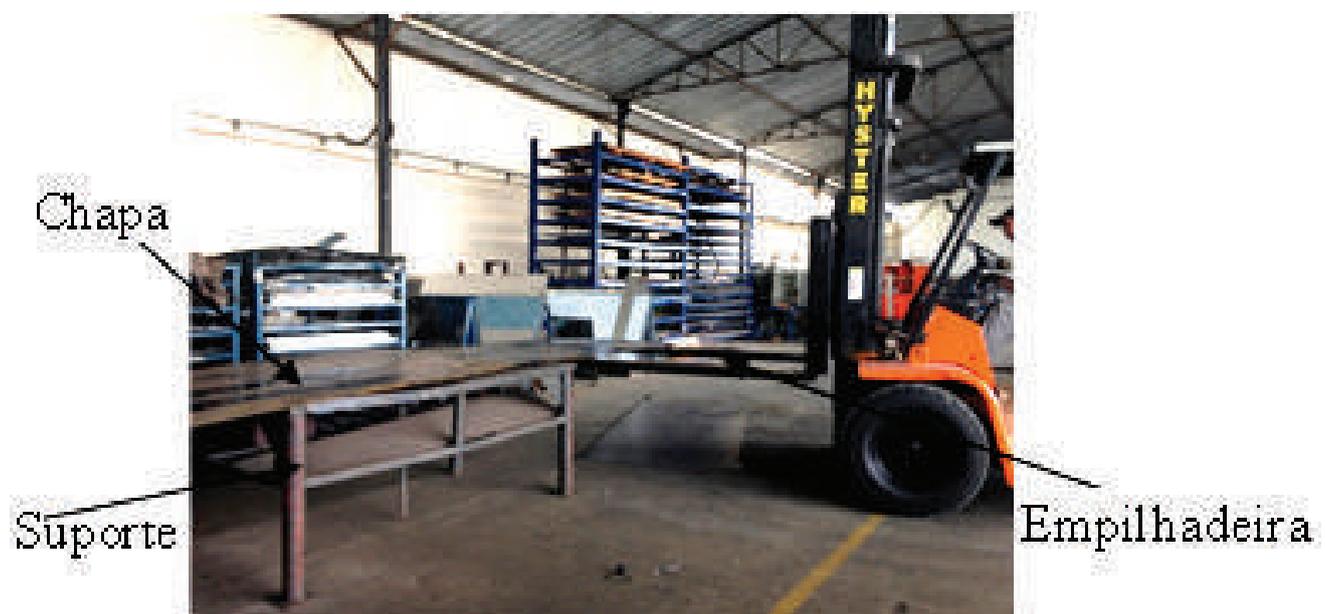
Padronização das atividades

Foram realizados processos de cronometragem do setup, possibilitando o levantamento das etapas desnecessárias, bem como as possíveis melhorias de etapas do setup.

A cronometragem do tempo de setup da dobradeira 1 obteve um tempo de 4 minutos e 1 segundo. A cronometragem do tempo de setup da dobradeira 2 obteve um tempo de 8 minutos e 3 segundos. Já o tempo de setup da cortadeira (guilhotina) foi de 24 minutos e 48 segundos.

Além disso, foi estudado o melhor leiaute para organização das ferramentas a fim de possibilitar a redução do tempo de setup. Percebeu-se que os principais gargalos estavam na organização das ferramentas e na colocação da matéria-prima (chapas) nos equipamentos de dobra e corte, influenciando diretamente no tempo de setup.

Figura 7 – Empilhadeira como auxílio para manter a chapa na guilhotina.



As soluções propostas para atacar tais causas foram a construção de três suportes para as ferramentas, o treinamento dos colaboradores nos temas de metrologia, desenho técnico, processos produtivos e conscientização quanto aos desperdícios, bem como a determinação de um novo leiaute e a organização dos setores produtivos.

Construção dos suportes

Foram desenvolvidos os desenhos em “3 D” de três suportes previstos para fabricação na empresa. O primeiro suporte (Figura 8) foi utilizado para apoiar as ferramentas que são utilizados no equipamento menor de dobramento (dobradeira 1), a fim de deixar tais ferramentas organizadas e catalogadas, possibilitando a redução do tempo de setup do equipamento e, consequentemente, a melhoria da produtividade.

Esse suporte, diferentemente do anterior, possui inclinação para facilitar a retirada das ferramentas, bem como o tamanho necessário para que todas as ferramentas possam estar organizadas corretamente,

agilizando o processo de setup.

O segundo suporte (Figura 9) tem como função apoiar as matrizes em “V” de 3 metros de comprimento do equipamento de dobramento (dobradeira 2) e eliminar a necessidade de utilização da empilhadeira, pois o suporte possui uma estrutura com roletes para retirada da matriz.

Tal suporte foi construído com rodas para deslocamento e posicionamento do mesmo na lateral da guilhotina 2 a fim de possibilitar a retirada da matriz em “V”, sem a necessidade da utilização da empilhadeira e reduzindo o esforço do colaborador de forma considerável.

E o terceiro suporte (Figura 10) possibilitou apoiar chapas de maior comprimento no equipamento de corte (guilhotina), reduzindo a utilização da empilhadeira no processo, pois o suporte possui duas abas articuladas que possibilitam a ampliação do tamanho da mesa e proporcionam uma base de apoio maior para as chapas de 6 metros de comprimento.

Figura 8 – Suporte desenvolvido para a dobradeira 1.

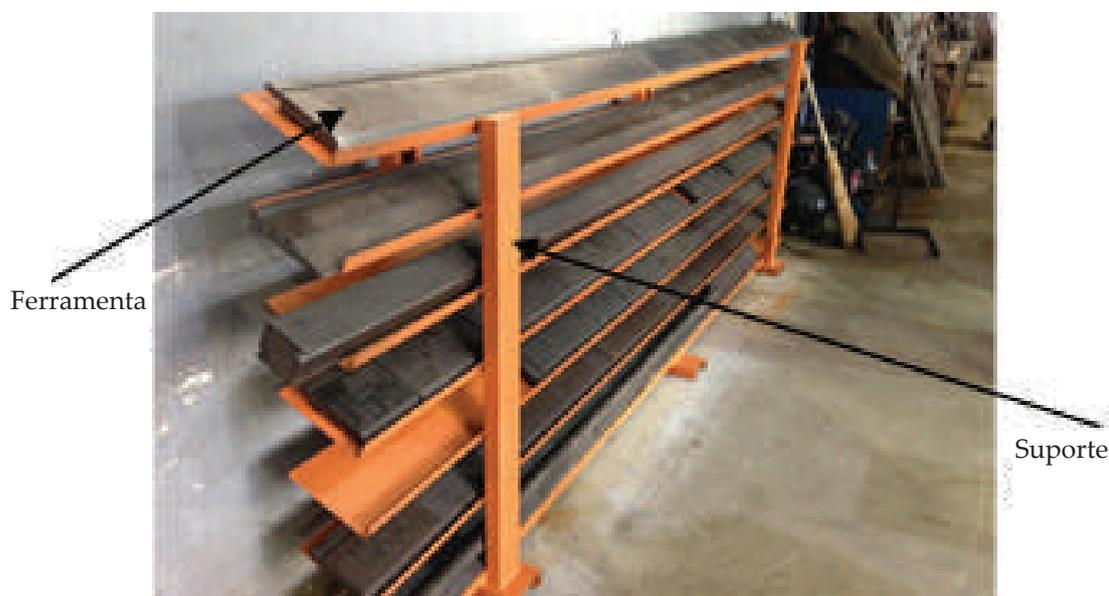


Figura 9 – Suporte desenvolvido para a dobradeira 2.



Figura 10 – Suporte articulável desenvolvido para a guilhotina.



Com esse suporte a empilhadeira somente é utilizada para abastecer a guilhotina com a chapa, pois foi eliminada a necessidade de se manter a empilhadeira sustentando a chapa durante o processo de corte.

Os resultados de cronometragem após a construção dos 3 suportes mostraram

os tempos de setup de 2 minutos e 32 segundos, 2 minutos e 40 segundos e 12 minutos e 49 segundos para a dobradeira 1, dobradeira 2 e guilhotina, respectivamente, ou seja, houve uma redução de 29, 67 e 48%.

Desenvolvimento das habilidades dos colaboradores

Quanto às habilidades dos colaboradores, foram realizados treinamentos envolvendo os conceitos e práticas de metrologia, leitura e interpretação de desenho e processos produtivos.

Durante os treinamentos foram utilizados equipamentos, produtos e desenhos da própria empresa a fim de possibilitar um direcionamento para os problemas diários encontrados nas dobradeiras e guilhotina da empresa.

Os pesquisadores procuraram aproveitar os conhecimentos e experiências dos colaboradores a fim de definir um esboço dos suportes que seriam construídos para a organização das ferramentas nas dobradeiras e apoio das chapas de maior comprimento na guilhotina.

Desta forma os colaboradores possibilitaram uma melhor configuração dos suportes, bem como adquiriram os conhecimentos de metrologia, desenho e processos produtivos, com conscientização quanto aos desperdícios, proporcionando maior agilidade na leitura dos desenhos anteriormente à fabricação dos componentes de chapas.

Organização dos setores produtivos

Esta etapa do projeto ocorreu por meio da ampliação e readequação do leiaute da empresa, bem como da conscientização dos colaboradores sobre as boas práticas de produção e redução de desperdícios.

As atividades relacionadas aos desperdícios reduziram o consumo de combustível da empilhadeira, bem como evitaram o excesso de utilização de operador de empi-

lhadeira.

Para a dobradeira 2 houve a eliminação da utilização da empilhadeira (4 minutos e 2 segundos), o que representa 50% do tempo do processo de setup deste equipamento. Desta forma, a troca da matriz em “V” ocorre agora com o suporte de roldanas e rodinhas.

Para a guilhotina houve a redução de 54 % do tempo de utilização da empilhadeira (13 minutos), resultando em economia de combustível e mão de obra, bem como possibilitando a utilização da empilhadeira em outros processos. Desta forma a chapa que permanecia suspensa com a ajuda da empilhadeira, agora permanece sobre a mesa dobrável.

Por meio dessas melhorias, e com um investimento inicial de R\$ 9.993,20, obteve-se uma economia anual de R\$ 2.969,38; R\$ 13.903,38 e R\$ 802,99, respectivamente, para a dobradeira 1, dobradeira 2 e guilhotina.

Determinação do leiaute

Nessa etapa a empresa, em conjunto com os pesquisadores, definiu um melhor posicionamento das matérias-primas a fim de facilitar a movimentação e reduzir os tempos de deslocamento.

Anteriormente as chapas ficavam dispostas no pátio da empresa e a empilhadeira necessitava se deslocar até a área externa, percorrendo uma grande distância e desperdiçando muito tempo, conforme pode ser observado na figura 11.

Com a nova disposição as chapas foram organizadas em prateleiras, em local mais próximo à guilhotina e às dobradeiras, reduzindo o tempo de deslocamento e facilitando a movimentação das chapas, conforme mostra a figura 12.

Figura 11 – Empilhadeira transportando chapa retirada do pátio da empresa



Figura 12 – Organização das chapas em prateleiras.



Além disso, a empresa decidiu ampliar sua estrutura fabril, possibilitando uma melhor organização dos processos produtivos e a ampliação da fatia de mercado a ser atuado.

CONCLUSÕES

Após implementação das melhorias pode-se obter os seguintes resultados:

1. Para a dobradeira 1 houve uma redução de 29 % do tempo de setup após a construção do suporte e organização das ferramentas de dobramento. Considerando a redução de tempo do operador, bem como o valor do salário e demais despesas com o operador houve uma economia anual de R\$ 2.969,38.
2. Para a dobradeira 2 houve uma redução de 67 % do tempo de setup após a construção do suporte de roldanas e rodinhas. Além disso, houve a eliminação do uso da empilhadeira (4 minutos e 2 segundos). Considerando a redução de tempo do operador da dobradeira, a eliminação do tempo do operador de empilhadeira, a redução do consumo de diesel e demais despesas com os operadores, houve uma economia anual de R\$ 13.903,38.
3. Já para a guilhotina houve uma redução de 48 % do tempo de setup após a construção da mesa dobrável. Além disso, houve a eliminação do uso da empilhadeira (4 minutos e 2 segundos). Considerando a redução de tempo do operador da guilhotina, a redução do tempo do operador de empilhadeira, a redução do consumo de diesel e demais despesas com os operadores, houve uma economia anual de R\$ 802,99.

Desta forma, a totalização da economia gerada com a implementação das melhorias foi de R\$ 17.675,75 por ano.

Como foram utilizados R\$ 9.993,20 para execução das melhorias, pode-se afirmar que o retorno do investimento ocorrerá em apenas 7 meses, justificando a utilização dos

recursos da FAPESC para auxílio no desenvolvimento do arranjo produtivo de Itajaí, em especial aos pequenos empresários.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC) pelo financiamento do projeto.

REFERÊNCIAS

- BRESCIANI FILHO, E.; SILVA, I. B. da; BATALHA, G. F.; BUTTON, S. T. **Conformação plástica dos metais 1**. ed. São Paulo : EPUSP, 2011.
- BUFFA, E. S. Administração da Produção. Rio de Janeiro: S.A., vol. 1, 1976.
- IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Estimativas da população residente com data de referência 1o de julho de 2017.
- LIKER, J. K. O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Porto Alegre: Bookman, 2005. 316 p.
- MAY, M. E. Toyota: a Fórmula da Inovação. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. Administração da produção. São Paulo: Saraiva, 2002.
- METAL FORMING HANDBOOK/Schuler. Springer, 1998.
- MORAIS, W. A. de, BORGES, H. C. ADEQUAÇÕES NAS PRÁTICAS DOS NOVOS PROCESSOS DE CORTE E DOBRA PARA OTIMIZAR O DESEMPENHO DE AÇOS PLANOS. *Tecnol. Metal. Mater. Miner.*, São Paulo, v. 7, n. 1-2, p. 54-60, jul.-dez. 2010.
- MOREIRA, D. A. Administração da Produção e Operações. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.
- REVISTA PORTUARIA - Economia e Negócios. Santa Catarina se firma como polo naval e náutico, 2014.
- SEBRAE. 2008. SANTA CATARINA EM NÚMEROS. Metal Mecânico.
- WERKEMA, C. Lean Seis Sigma: Introdução as ferramentas do Lean Manufacturing. Série Seis Sigma, V. 4. Belo Horizonte/MG: Werkema Editora, 2006.