

APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS *LEAN MANUFACTURING* NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA: UM ESTUDO DE CASO

SILVA, G.M.¹; MORAES, D.M.²; DIAS, M.J.³

Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA - Av. Universitária Km. 3,5 - Cidade Universitária - Anápolis - GO CEP: 75083-515

gustavo.ms10@hotmail.com¹; danielmota11@hotmail.com²; marcio.dias@unievangelica.edu.br³

RESUMO

Após o final da Segunda Guerra Mundial, houve no Japão a necessidade de mudanças nos conceitos produtivos para que o país pudesse se reestabelecer e alavancar a economia. A partir daí, especificamente nas montadoras de veículos Toyota, iniciou-se a busca por métodos e sistemas produtivos que revolucionariam a forma, a quantidade e a qualidade com que se produz, utilizando ferramentas da qualidade para alcance da produção enxuta - Lean Manufacturing. Este trabalho teve como objetivo utilizar as ferramentas do “Lean Manufacturing” a fim de padronizar a montagem do capô em uma montadora de veículos buscando a redução de tempo, eliminação de movimentos excessivos e diminuições de retrabalho. Inicialmente, foi realizado um levantamento sobre a forma em que o trabalho era realizado e constatou-se que a montagem do capô era realizada de forma manual onde se exigia muito esforço físico dos colaboradores gerando desgaste ao decorrer do dia. Após estudos realizados foi implantada a forma de içamento do capô através de ventosas, a fim de facilitar a realização do trabalho. Através da tomada de tempos antes e depois das mudanças foi possível dimensionar a evolução – busca de sistemas de produção mais “enxutos”, e através desses resultados impulsionar a busca da evolução e melhoria contínua nos processos produtivos não somente para a montagem do capô, mas também para demais etapas do processo produtivo da montadora de veículos.

Palavras-chave: *Produção enxuta; Lean Manufacturing; Melhoria contínua.*

ABSTRACT

After the end of World War II, there was a need in Japan for changes in production concepts so that the country could re-establish itself and leverage the economy. From then on, specifically in the Toyota vehicle assemblers, the search for productive methods and systems began that would revolutionize the form, the quantity and the quality with which it is produced, using tools of quality for reach of lean production - Lean Manufacturing. This work aimed to use the tools of Lean Manufacturing in order to standardize the assembly of the hood in a vehicle assembler seeking the reduction of time, elimination of excessive movements and reductions of rework. Initially, a survey was carried out on the way the work was carried out and it was verified that the hood assembly was performed manually where it was required a lot of physical effort of the employees generating wear and tear during the day. After the studies were carried out the lifting of the hood was implemented through suction cups, in order to facilitate the accomplishment of the work. Through the taking of times before and after the changes it was possible to dimension the evolution - search for "leaner" production systems, and through these results boost the pursuit of evolution and continuous improvement in the production processes not only for the hood assembly but also for other stages of the production process of the vehicle assembler.

Keywords: *Lean production; Lean Manufacturing; Continuous improvement.*

INTRODUÇÃO

A busca pela estabilidade produtiva trouxe para a indústria automobilística desafios e métodos jamais buscados na antiguidade. O *Lean Manufacturing* é uma ideologia usada pelas indústrias Toyota desde o Pós Segunda Guerra Mundial. Esse sistema de produção tem como objetivo a melhoria de eficiência produtiva combatendo possíveis desperdícios existentes na produção. O tempo, fator crucial para uma boa produtividade, é de grande valia quando se busca uma produção em quantidades elevadas sem perder qualidade de produto. Mas como se conseguir uma produção em tempo favorável mantendo a qualidade, mão de obra e diminuindo desperdícios? As ferramentas da “Manufatura Enxuta” possibilitam apresentar metodologias que possibilitam a alta produtividade com o mínimo de perda de matéria prima. Este trabalho tem como objetivo analisar resultados obtidos com a implantação de ferramentas de otimização de processo na montagem de capô em uma linha de produção automotiva. Com base nos estudos serão analisados fatores da eficiência produtiva como: redução de tempo, melhor condição ergonômica, satisfação dos operadores envolvidos, segurança no ambiente, entre outros.

REFERENCIAL TEÓRICO

Funções e responsabilidades do engenheiro mecânico

Nos tempos passados os diversos tipos de engenharias eram direcionadas a treinar os profissionais para atuar em áreas que exigiam grande conhecimento técnico, tendo como foco as funções onde a sua atuação era mais prática. Porém, com o passar dos anos os grandes empresários e investidores enxergaram nesses profissionais a ferramenta necessária para unir conhecimento com direção, ou seja, uniram o útil ao agradável. Assim os engenheiros que possuem alto conhecimento prático começaram a atuar em cargos de gestão como gerentes e diretores. Para tais conquistas esses profissionais usaram de alguns valores relevantes para que pudessem atuar com sabedoria e sucesso, tais como:

- Implementar e manter processos e recursos: pode-se citar nesse o setor de projetos onde o engenheiro planeja e dirige todos fluxos dos processos por ele implantados e/ou criados visando conseguir uma linha produtiva em um funcionamento pleno e cadenciado[1].
- Mapeamento de custos e receitas: planejar os gastos com produção, fornecimento de matéria prima e com peças de reposição para manutenções rotineira. Esses parâmetros deverão estar sempre numa margem de segurança para imprevistos maiores como, por exemplo, necessidade da troca urgente de uma peça de alto valor e criticidade[2].
- Gerenciamento de pessoas: este é um dos pontos mais importantes, pois é aqui que a mão de obra é estudada e criteriosamente avaliada para que se tenha alta qualidade com baixo custo. Importante ressaltar que temos dois tipos de mão-de-obra, direta e indireta. A mão-de-obra direta se trata dos próprios operadores, pessoas diretamente ligadas ao processo, sendo geralmente de baixo custo mensal, mas com custos complementares como treinamentos e/ou cursos profissionalizantes. Já a mão-de-obra indireta são as pessoas responsáveis por supervisionar as pessoas da “direta”, avaliando o desempenho e orientando-as para melhorar o processo. Geralmente de custo mais elevado por se tratarem de pessoas que possuem mais formações técnicas e acadêmicas, e sendo assim quanto maior for a experiência de mercado melhor irão dirigir os seus subordinados[1].
- Aprimoramento e otimização de processos: em se tratando de melhorias e redução de custos, impossível não citar as linhas de produção. Todo valor agregado ao produto está diretamente ligado com a quantidade de processos aplicados para se obter o produto acabado, ou seja, para se conseguir menores preços nos produtos é fundamental os estudos voltados ao aprimoramento dos métodos e processos.

É muito clara a visualização das mudanças quando se aplica o “*Just in time*”, ferramenta usada para diminuição de capital empregado e aumento de eficiência produtiva. Também pode-se usar o *Kaisen* como grande aliado para que as melhorias não parem de acontecer[2].

DESPERDICIOS NA INDÚSTRIA E SEUS PRINCIPAIS PROBLEMAS NO PROCESSO

Os desperdícios de produção são acontecimentos decorrentes de algum desvio de processo adicionando custos e tempo no processamento do produto onde o cliente não paga a mais pelo ocorrido. Abaixo estão citados alguns deste:

Processamento em demasia

Para que não haja gastos sem necessidade, deve-se produzir somente o necessário nas quantidades corretas. Todo excesso de produção se torna desperdício pois o equipamento, mão de obra, insumos, etc., poderiam ter sido utilizados no processamento de outro produto[3].

Espera

O desperdício de tempo tem a mais fácil percepção pois é notado quando o operador do processo é visto em forma ociosa aguardando a finalização de intervenção de manutenção, falta de peças, *setup* de máquina, entre outros[3].

Excesso de transporte

Acontece quando acontece muitas mudanças no local de armazenamento intermediário ou de montagem das peças que são utilizadas no processo de fabricação de determinado produto. Tais movimentações podem acontecer entre setores ou linhas produtivas[3].

Excesso de movimentação

Este desperdício refere-se aos movimentos que o operador realiza durante a ação de montagem, adicionando tempo no processo de fabricação, por tanto este é um desperdício operacional. Essas perdas podem ser estudadas pelo Engenheiro Industrial com o auxílio de ferramentas do *Just-in-time*[3].

Inspeção e correção

O retrabalho, como o próprio nome já diz, é a intervenção no processo para realizar correções de defeitos no produto em produção. A correção adiciona tempo e custos ao produto. Mesmo que a peça depois de reparada retome o fluxo normal, o *WIP* já foi afetado e pode interferir diretamente nos lucros da empresa[3].

Perdas relacionadas a segurança e a pessoas

O custo indireto com acidente de trabalho pode ser 3 a 10 vezes maiores que seu custo direto. O custo indireto são os que impactam no processo produtivo como exemplo: falta do operador na estação de trabalho não sendo possível atingir os objetivos gerando perda de lucro na indústria. O custo direto é o gasto com atendimento externo como remédios e auxílio enquanto o operador estiver em recuperação. Para que a empresa não seja refém dos acidentes o engenheiro precisa estar capacitado para identificar os riscos na área laboral, como: queda do

mesmo nível, corte dos membros, ruído excessivo, prensagem de membros, partículas volantes, dentre outros e ao mesmo tempo aplicar e determinar o uso de equipamentos de uso individual (EPI's) e equipamentos de uso coletivo (EPC's)[7].

Acidente de trabalho é considerado como perda pelo fato do operador que faz o trabalho não poder exercer a função gerando baixa eficiência produtiva, perda em qualidade e adição de capital para reparação rápida do impacto gerado[7].

FERRAMENTAS PARA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS RELACIONADOS A DESPERDÍCIOS

Para obtenção de resultados o sistema *lean* dispõe de ferramentas básicas. Conforme pesquisa realizada, as principais ferramentas são:

Just in time

O *Just In Time* (JIT) é um sistema de administração que foi criado e desenvolvido pela *Toyota Motor Company* visando implantar a “Produção puxada” nas suas diversas linhas de produção. A produção puxada tem por conceito a lei da oferta e da procura, ou seja, quanto mais o mercado necessita maior será a quantidade produzida. Até então o método de “Produção empurrada” era usado onde se produzia o máximo que conseguisse e literalmente empurrava-se seus produtos no mercado consumidor[4].

Ao utilizar o *JIT*, reduziu-se a quantidade de gastos empregados em diversos setores das indústrias como estoques de matéria prima, intermediários e de produto acabado. A ideia de produzir a quantidade certa no momento certo proporcionou para os gestores a certeza de que tudo que produzisse venderia pois já existia uma estimativa da real necessidade do mercado consumidor sobre determinado produto. É importante entender que o *JIT* tem por objetivo a redução de tempo de produção sem que se perca a qualidade, pois não é compensativo produzir mais com uma qualidade inferior. Nesse caso corre-se o risco de retrabalho, o que não é interessante para o caso estudado.

Kanban

Kanban é um método de gestão que tem como objetivo aplicar as regras e delimitações criadas em um sistema produtivo. Ele visa mapear toda a linha de produção realizando ajustes e correções estudando minuciosamente cada ponto da produção e observando segundo os critérios de avaliação. Também é usado para otimizar processos através de métodos e programas que aplicam as normas criadas para cada setor. Assim cada estágio da produção respeita devidamente seus limites e obrigações, diminuindo os tempos de trabalho, melhorando os rendimentos, qualidade e quantidades produzidas [5].

Em se tratando de fábricas de automóveis essa ferramenta tem uma aplicabilidade muito acertada, pois nesse tipo de indústria cada estação é planejada e precisa ter suas atividades bem definidas e respeitadas de acordo com o que foi designado para que nenhuma estação fique sobrecarregada ou perdendo tempo de trabalho. Para auxiliar na aplicação do *Kanban* é importante seguir alguns passos, como:

- **Visualizar fluxo de trabalho:** A visualização do fluxo tem como objetivo mapear todas as tarefas envolvidas em cada etapa do processo. Existem diversas ferramentas que realizam esta tarefa, porém a mais comum é a *Value Stream Mapping* (VSM) ou mapeamento de cadeia de valor.

“Em sua forma mais simples, um Mapa de Cadeia de Valor é uma visualização dos estágios pelos quais passa o trabalho, desde a matéria prima até o produto final”[5].

Os resultados obtidos podem ser valiosos como identificação de desperdícios, percepção de como um trabalho afeta o outro, e obter maior transparência de informação.

- Limitar o trabalho em processo: Esta etapa é onde são impostas as regras e tarefas de cada estação de trabalho. O *Work In Progress* (WIP) ou trabalho em processo é o grande item explorado, pois alterando-se os parâmetros deste consegue-se resultados imediatos.

- Políticas para garantir a qualidade: Estabelecer políticas de qualidade tem sido um grande desafio para as grandes linhas produtivas visto que atualmente, a quantidade produzida tem um impacto significativo nos lucros da empresa. A criação de métodos e testes que garantam a qualidade é uma das metas à serem cumpridas, pois há também a necessidade de elaborar um sistema onde o cliente retorne ao vendedor com avaliações referentes ao produto. Só assim tem-se o conhecimento do que é preciso melhorar, concertar ou rever no sistema produtivo. As políticas existem para que os métodos produtivos sejam aplicados de forma que a boa qualidade seja alcançada pois se o produto final for inferior ao padrão pré-definido tem-se o retrabalho e com isso a perda de todo capital empregado.

- Medir o fluxo: Funciona como criar uma unidade de medida para determinada ação, onde surgem comparações e possíveis mudanças para melhorar o *WIP*. Nesta etapa é importante indagar-se “O que medir? E como se posicionar em relação ao que foi mensurado?”; são perguntas pertinentes que auxiliam a elaboração do caminho a ser percorrido. Portanto, ao traçar um trajeto de medição tem-se a possibilidade de colher dados dos trabalhos realizados em cada processo tais como tempo de espera, tempo de trabalho efetivo, logísticas internas e externas, fornecimento de matérias prima, estoques existentes e várias outras variáveis de processo.

Existem alguns pontos que devem ser tratados com mais urgência que outros. A seguir, tem-se algumas dicas para definir as prioridades:

- Riscos: Ações que envolvem decisões importantes que podem gerar uma parada de produção ou um grande impacto financeiro.

- Necessidades básicas: Exemplo clássico é o fornecimento de matéria-prima. Importante sempre realizar uma verificação quanto aos prazos do fornecedor, despacho do produto e sempre confirmar os prazos definidos pela logística envolvida.

- Equilíbrio: O balanceamento de produção é uma variável bastante camuflada, pois apesar de não parecer importante, é de extrema importância. Manter a produção sempre funcionando com um fluxo controlado é uma habilidade sempre muito buscada pelo setor de planejamento fabril. Ou seja, cuidar para que não falte matéria-prima e nem obter quantidades demasiadas de produto final é um trabalho que requer cuidados por toda a linha de produção.

- Gerenciamento de fluxo: Coordenar um processo já estabelecido é a fase em que as sugestões anteriormente mencionadas são realmente estudadas e se aprovadas serão aplicadas aos processos. A grande dificuldade está em manter um fluxo contínuo, pois após algum tempo começam a surgir problemas pontuais que não devem ser deixados no esquecimento. Deve-se ter atenção com pequenas causas que podem ocasionar grandes problemas, por exemplo uma constante falta de material em determinada estação gerando um desgaste psicológico e acarretando na desmotivação da equipe. Importante então, após todo o estudo manter o foco em sempre melhorar continuamente observando o fluxo e mapeando onde pode-se aplicar uma ação para que o processo evolua e principalmente não regresse no seu funcionamento[5].

Trabalho padronizado

Trabalho padronizado tem por finalidade criar um passo-a-passo descrevendo uma série de ações que possibilitem a realização de determinado trabalho, independente do turno ou da

peessoa direcionada irá executar. Esses procedimentos permitem que a linha de produção tenha um fluxo constante sem perder a qualidade do produto, mantendo a segurança e a organização na área fabril. Para a criação do book “Trabalho padronizado” é necessário seguir determinados passos básicos: primeiro cria-se um esboço da tarefa executada e então é aplicado a jornada de trabalho afim de corrigir erros, melhorar fluxos, realizar todo mapeamento e melhorias chegando ao ponto de dizer que tudo que está descrito é de fato tudo que será realizado. Após isso é homologada e finalizada a implantação[6]. Os ganhos com a aplicação desta ferramenta são imediatos, tais como:

- Diminuição do trabalho em processo (WIP): Com as ações pré-definidas, a redução do tempo de trabalho é significativamente alta;
- Redução da carga de trabalho: Ocorre devido a eliminação de movimentos em excesso e a distribuição correta do trabalho;
- Ganho de produtividade: Quando se reduz a carga de trabalho aumenta-se a produtividade pois há um balanceamento correto, evitando sobrecargas aos colaboradores;
- Decréscimo do risco de acidentes: Com a facilitação dos processos, é reavaliado todos os pontos que oferecem riscos, estes são devidamente tratados e cuidados para que não venha ocorrer possíveis incidentes[1].

Value stream mapping purpose (VSM)

O *Value Stream Mapping* (VSM), é uma ferramenta fundamental para alcançar resultados de otimização e balanceamento de processos. É uma representação visual feita através de esquemas que mostram o fluxo de valor na qual o produto está inserido desde o momento de entrada ainda como matéria prima até a saída do produto final. Pode ser utilizado também para fazer esquema de setor específico, comparando e analisando as mudanças.

O VSM é considerado uma ferramenta que auxilia na identificação de desperdícios, linguagem clara do processo que facilita o entendimento do processo, maior propriedade para realizar tomada de decisões, fácil visualização do processo para novos colaboradores no ambiente, entre outros. Porém esta ferramenta ainda se concentra em problemas superficiais e não permite enxergar profundamente[7].

É seguir a trilha da produção de um produto, desde o consumidor até o fornecedor, e cuidadosamente desenhar uma representação visual de cada processo no fluxo de material e informação. Então, formula-se um conjunto de questões-chave e desenha-se um mapa do estado futuro de como o processo deveria fluir. Fazer isso repetidas vezes é o caminho mais simples para que se possa enxergar o valor e especialmente, as fontes do desperdício[7].

A ferramenta não tem finalidade de ser método ou de ser melhoria no processo, a ideia principal é ser usado para assegurar que as melhorias já aplicadas não sejam esquecidas ou deixem de ser usadas. O método correto de se fazer a visualização de esquema é sempre analisar o fluxo de trás para frente. Assim, facilita-se o entendimento e eliminam-se interferências pessoais. O VSM pode ser usado com auxílio de algumas ferramentas. Um exemplo simples e muito funcional o software MS VISIO®, ferramenta da Microsoft® que disponibiliza conteúdo para auxiliar o gestor de área criando organogramas, fluxogramas, mapas de processo, entre outros.

Sistema de gestão integrada para saúde ocupacional e segurança do trabalho

A busca pela estabilidade do processo produtivo também consiste em ter funcionários com bom estado de saúde física para realização do trabalho. A melhoria de segurança no

ambiente de trabalho contribui com o aumento da produtividade pois reduz as interrupções no decorrer da produção e diminui custos com acidentes, com ou sem afastamento[8].

Para criação e manutenção do trabalho seguro é necessário ter bom planejamento e a colaboração mutua entre empregador e empregado. É importante que o colaborador seja ouvido pois conhecem o ambiente e podem sugerir ideias de baixo custo de implementação e, muitas das vezes, mais eficazes[8].

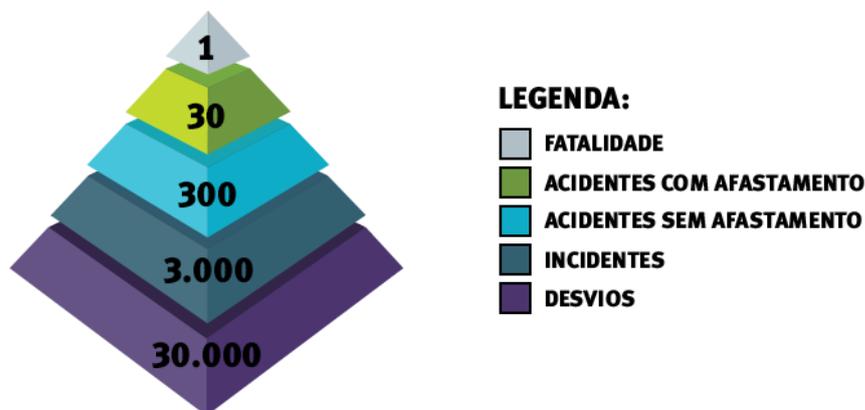
Oportunidades de melhoria em segurança podem ser identificadas pelos profissionais de segurança e também pelas pessoas que estão envolvidas no ambiente. Uma prática simples e que elimina riscos é o exercício dos 5S. Basicamente com a organização do ambiente pode-se eliminar riscos de interferência entre homem e máquina.

Um grande desafio para os gestores é também zelar pela segurança de todo o ambiente de trabalho. Algumas ferramentas podem auxiliar, tais como: mapas de risco, rotas de segurança, caminhadas de sustentabilidade, análises de risco de incidentes e acidentes, etc.

Para entender as causas dos acidentes e os custos que são gerados, realizou-se estudos e concluiu-se que 98% dos acidentes poderiam ser previstos através de comportamento inseguro ou condição insegura, já os outros 2% são imprevisíveis, causas inesperadas. Este estudo mostra que a maioria dos acidentes acontece por falha humana. Na indústria, em determinados locais, os funcionários estão mais expostos a riscos devido a presença de máquinas que tenham eixo rotativo, manipuladores pneumáticos ou hidráulicos, etc., porém, os riscos podem ser controlados[9].

A maioria dos acidentes de falha humana acontecem devido à falta de atenção, por costume com o ambiente de trabalho, falha ao pensar que os riscos são normais ou seja, excesso de confiança.

Figura 01: Pirâmide de Heinrich e Bird.



Fonte: Disponível em [10].

A pirâmide mostrada na figura 01, apresenta estatisticamente números de incidentes (fatalidade, acidentes com e sem afastamentos) possíveis de acordo com o número de desvios detectados. Os dados descritos mostram que, a cada 30000 desvios de processo, 3000 deles podem causar incidentes. Sendo que 300 ocorrências são acidentes sem afastamento, 30 com afastamento e 1 fatalidade.

É importante que os funcionários do setor produtivo tenham conhecimento da pirâmide de desvios, de forma orientativa a ter ciência do meio que estão inseridos e os riscos de acidentes existentes no setor[9]. Diálogos diários de segurança são eficazes para a prevenção de acidentes, pois servem como avisos e recomendações que fazem com que os funcionários não deixem as regras cair no esquecimento. Esta ferramenta também proporciona o diálogo com a equipe gerida, deixando-a à vontade para propor sugestões de melhoria em segurança.

Importância dos equipamentos pneumáticos na indústria automotiva

Há vários anos é cogitado a mudança na pressão e no volume do ar atmosférico. Com o passar do tempo veio o aperfeiçoamento e a conquista da compressão do ar, seja ela por ela com pressões negativa (Vácuo) ou positiva (Compressão). Os avanços tecnológicos identificaram rapidamente, na produção de ar comprimido, uma fonte de energia renovável e limpa. Com isso obteve uma rápida aceitação nas diversas áreas da sociedade. Após sua rápida inserção no mercado, as indústrias viram na tecnologia pneumática um baixo custo para investimento e com retorno imediato. A rapidez com que os movimentos são conseguidos extinguiu alcançou recorde de tempo em operações que, anteriormente, eram demoradas e repetitivas[14].

Anteriormente, na montagem de capô, todo o manuseio do capô era feito manualmente. Porém, com o passar do tempo viu-se a oportunidade da implantação do processo chamado de “Içamento” onde a peça é manipulada através de ventosas que geram uma pressão negativa com o auxílio de válvula de vácuo. A peça então é movimentada seu estoque intermediário até o veículo que está na linha produtiva. Este processo é realizado por meio de grandes ventosas que, em contato com a superfície da peça, fazem sucção e conseguem prender o capô permitindo que os operadores o mova até o local desejado. As ventosas são possíveis graças ao processo de vácuo que é conseguido apenas em equipamentos pneumáticos. Essa nova tecnologia trouxe agilidade e maior conforto ao operador, impactando diretamente no rendimento da montagem e consequentemente acelerando a produção dos veículos.

Takt time

O *Takt time* é de forma matemática a razão do tempo disponível para a produção pelo volume de produção exigido resultando no ritmo necessário do processo para atender a demanda do mercado. A interação dos setores da indústria é fundamental, mas para o *Takt time* essa interação dos setores produtivos com o setor de Planejamento e Controle de Produção (PCP) se torna ainda mais importante[11].

O PCP deve ter conhecimento dos tempos padrões de cada área para não sobrecarregar o processo. O tempo padrão determina o tempo de conclusão de um produto no processo. Com o *Takt time* é possível ter uma projeção do número de produtos que podem ser fabricados no decorrer de determinado tempo disponível.

Devem ser levados em consideração as condições reais para definir o tempo definido para a produção. Esse tempo pode ser alterado de acordo com as paradas programadas para certas ações como: intervenções de manutenção preventiva, tempo de descanso de operador, troca de turno, investimento com treinamento da operação, etc., descrita em forma de equação na eq. 01:

$$\text{Tempo disponível para produção} = \text{Período de trabalho} - \text{Paradas programadas} \quad \text{eq. 01}$$

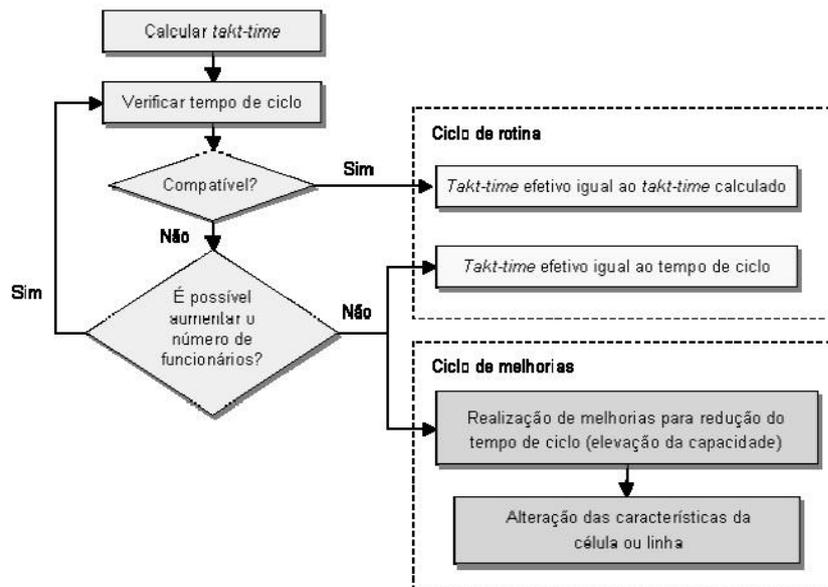
Fazendo um paralelo, é como se uma linha de produção automotiva tivesse o tempo disponível de 500 minutos e conforme a demanda do mercado, a cada 5 minutos um carro é entregue ao cliente. Do mesmo jeito, a linha de produção automotiva deve, a cada 5 minutos, liberar um carro para o mercado[11]. Para definir o *Takt-time* pode-se utilizar a eq. 02:

$$\text{TAKT TIME} = \frac{\text{Tempo de Produção Disponível}}{\text{Demanda do Cliente}}$$

eq. 02

Quando o número de *Takt time* é alterado para maior ou menor valor, o tempo de ciclo também deve ser revisado. Podemos observar na figura 02 que quando a empresa impõe o ritmo mais acelerado é fato que o valor de *Takt time* é diminuído. Porém, este é um acontecimento importante porque obriga a empresa a estudar quais os pontos que limitam a sua capacidade de produção e induz a engenharia industrial, que é conhecida como grupo *Kaizen*, trabalhar os gargalos de produção e inserir melhorias processo.

Figura 02: Fluxo de *Takt time*.



Fonte: Disponível em [10].

Tomada de tempo e cronoanálise

A ferramenta de tomada de tempo tem como objetivo realizar a medição do tempo gasto em uma operação produtiva com operadores devidamente treinados e capacitados trabalhando em ritmo normal não se expondo a riscos de segurança e riscos ergonômicos[12].

Para colocar em prática a tomada de tempo é necessário o cronometro e um profissional habilitado, que é o engenheiro industrial. No processo de medição é interessante decompor ao máximo as operações, pois quanto mais dividido maior é a facilidade para identificar oportunidades de melhoria[2].

O engenheiro precisa estar atento e ter percepção ativa para identificar as interferências diretas e indiretas no momento da tomada de tempo. Como interferência direta, pode ser citado como exemplo o superior imediato do operador estando próximo, e como indireta uma máquina que não está com máxima capacidade produtiva. Para que haja melhor certeza é realizada mais medições de acordo com a criticidade da operação. A cronoanálise é uma ferramenta de auxílio ao gestor de área que estuda a variação de tempo gasto para a execução de atividades no meio produtivo. Posterior a tomada de tempo, a cronoanálise estuda e faz análise do tempo padrão de cada estação e aplica as alterações necessárias no processo para garantir o balanceamento de linha e atender as necessidades da empresa.

A cronoanálise é uma ferramenta utilizada para avaliação e o registro dos tempos gastos na área de produção da empresa, que visa identificar uma sequência lógica do fluxo operacional mais apropriado e eficiente ao trabalho. Com este instrumento também é possível verificar a existência de gargalos na produção[13].

A análise de tempos identifica os problemas de processo como: Os excessos de produção e os gargalos onde podem acontecer a falta de produto para o processo posterior possibilitando ao gestor de área obter maior sucesso no crescimento profissional e, simultaneamente, o desenvolvimento da empresa.

Tempo de ciclo

O tempo de ciclo é o tempo definido pelo processo quando há repetição de uma ação caracterizando o início e o fim do ciclo. Este tempo é definido em função de dois elementos:

- i: Tempo unitário de processamento em cada máquina (Tempo Padrão).
- ii: Número de mão de obra na linha de produção.

Para facilitar o entendimento, o tempo inicial de uma peça e o início de uma segunda peça do mesmo modelo é chamado de tempo de ciclo.

O tempo de ciclo é definido conforme as condições existentes no ambiente como: máquinas mais rápidas, transportadores de peças, manipuladores e linha com esteira automatizada. Para diminuir o tempo de ciclo, deve-se analisar essas condições nas quais são gerados os gargalos de produção e fazer as intervenções necessárias como mudança de *layout* de linha, rodízios operacionais, contratação de novos funcionários em momentos de pico de produção e etc.[12]. Como se sabe o tempo de ciclo não é imutável, porém precisa ser alterado com cautela para não ter ações precipitadas e ineficazes. A contratação de novos funcionários pode ser no momento a melhor alternativa quando há a necessidade de ganhar tempo. Mas é preferível investir em maquinários que auxiliam os funcionários e resultam em menor tempo de ciclo e suas variações[12]. O tempo de ciclo é o fator que determina as condições de velocidade mínima e máxima de uma linha produtiva, sendo assim restringe diretamente o número de saída do produto para as mãos do consumidor final. Portanto o tempo de ciclo faz parte da análise no momento de tomada de decisões e definição do valor de *Takt time*[13].

METODOLOGIA

ESTUDO DE CASO

Para realização deste estudo de caso aplicou-se ferramentas do “*lean manufacturing*” em uma indústria de fabricação de veículos automotivos leves. Especificamente foi realizado no setor de montagem de peças móveis com foco na identificação de oportunidades de melhorias na estação de montagem de capôs. Para atender à solicitação do cliente, a indústria automotiva precisa se reinventar e inovar os conceitos produtivos para readequar rapidamente seu potencial produtivo. O fluxo de trabalho neste ambiente tem sentido linear e já é padronizado atendendo as normas necessárias, com a necessidade de duas mão-de-obra para execução da atividade. Inicialmente realizou-se análise do ambiente com intuito de encontrar condições inseguras e atos inseguros que, de alguma maneira, impactassem negativamente ou positivamente em relação ao tempo de ciclo, podendo deixar o processo mais rápido ou mais lento. Foram identificados os seguintes riscos: risco de esmagamento dos membros, risco de corte e risco de lesões por esforço repetitivo (LER). Para estes riscos foram identificadas como contramedidas a utilização correta dos equipamentos de proteção individual (EPI) e realização de rodizio operacional com fluxo semanal evitando a presença de LER nos funcionários.

Após análise de ambiente concluída, fez-se a tomada de dez medições de ciclo e concomitantemente fez-se anotação na folha de estudo de tempos e movimentos de todas as tarefas executadas pelos operadores da estação. No estudo de caso foram utilizadas as ferramentas: Cronoanálise; *Takt Time*; Tempo padrão e Trabalho padronizado.

Com as tarefas já identificadas foram realizadas as tomadas de tempo de cada tarefa com auxílio de cronometro digital e anotados na folha de estudo de tempos e movimentos. Para definição do tempo padrão que está descrito em forma de equação na eq. 03, foi adotado o seguinte método:

$$\text{Tempo médio} = \frac{\sum \text{Tempos cronometrados}}{\text{Número de medições válidas}}$$

eq. 03

Foi necessário calcular o tempo médio de operação para que o resultado do tempo padrão não fosse tendencioso ou se obtivesse resultado que não seria alcançado na prática da atividade. Analisou-se também a espera inerente, podendo ser ocasionada pela não conformidade da realização das tarefas por parte dos operadores na linha de montagem. Esse problema acontece quando há algum erro de montagem, problemas de manutenção, problemas de qualidade na peça entre outros. Através desse ponto em específico analisou-se o tempo de trabalho real, sendo medido somente o tempo que os operadores estavam em atividade. Com isso foi possível identificar e mostrar para os gestores da linha que existem oportunidades de melhoria e a importância desse fator ser levado em consideração no momento de adicionar ou retirar alguma tarefa.

Depois de obtido o tempo padrão desta atividade fez-se cálculos de produção máxima (*GROSS*) e de produção mínima aceitável (*NET*). Para obter esses resultados teve-se que adotar faixas de percentuais obtidos das metas de qualidade, manutenção e absenteísmo, sendo eles faixas percentuais dos fatores aceitáveis pela maioria das empresas:

- 2% de falha de maquinário.
- 2% de problemas relacionados a qualidade.
- 4% de absenteísmo.

Para cálculo de volume *NET* foi feita a divisão entre o tempo real disponível para produção já descontados os intervalos de almoço e janta, pelo tempo padrão da operação, e assim subtraídos a somatória das faixas percentuais dos fatores aceitáveis, descrita em forma de equação na eq. 04:

$$\text{Volume NET} = \frac{\text{Tempo real disponível para produção}}{\text{Tempo padrão}} - 8\%$$

eq. 04

Caso o valor seja decimal, por orientação do profissional habilitado da área, deve-se fazer o arredondamento para menor valor em qualquer ocasião. Esse fator precisa ser confiável o máximo possível para não haver problemas no momento de aplicação das ferramentas no processo.

Para cálculo de volume *GROSS* é feito a divisão entre o tempo real disponível para produção já descontados os intervalos de almoço e janta, pelo tempo padrão da operação, descrito em forma de equação na eq. 05:

$$\text{Volume GROSS} = \frac{\text{Tempo real disponível para produção}}{\text{Tempo padrão}}$$

eq. 05

Este cálculo segue o mesmo conceito do arredondamento para menor valor citado acima e só será alcançado se não houver objeções como: paradas de maquinários, problemas de qualidade e problemas com alto número de faltas de mão de obra na linha de produção.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 03 está representado as tomadas de tempos para a atividade de montagem de capô em um determinado veículo sendo que dentro desta atividade foram verificados a presença de diversas tarefas. As tarefas variam de acordo com as prioridades sendo basicamente: montagem, inspeção e correção e liberação de carroceria. Estas tarefas são realizadas por colaboradores responsáveis pela estação. A coleta dos dados foi realizada com o auxílio das ferramentas de tomada de tempo e cronoanálise durante o acompanhamento de 10 ciclos. No total foram verificados a presença de 14 tarefas diferentes dentro da atividade de montagem de capô totalizando 140 medições e em cada tarefa pôde ser visto as variações de tempo conforme variavam-se os ciclos.

Ainda pode-se notar que as tarefas foram desmembradas o máximo possível. Isto facilita o melhor entendimento do processo produtivo e melhora a visualização de tarefas que são gargalos de produção. As discussões dos resultados obtidos foram feitas somente com base nas tarefas onde os resultados apresentaram desvios maiores, ou seja, pelo gráfico de tendências visto na figura 3, alguns picos que demonstram aumento de tempo. Esta maior variação de resultados faz com que o processo seja tendencioso ao fracasso dos objetivos diários. Tais problemas podem ser tratados e minimizados através de ferramentas que serão citadas abaixo da figura 3.

Figura 03: Formulário de estudo de tempos e movimentos.

ESTUDO DE TEMPOS E MOVIMENTOS													
LINHA: Montagem de peças móveis							QTD DE PESSOAS ENVOLVIDAS NA OPERAÇÃO: 2						
ATIVIDADE: Montagem de capôs													
TAREFA	DESCRIÇÃO DAS TAREFAS	CICLOS (s)										TEMPO MÉDIO DE TAREFA	TENDÊNCIA
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	Fixação de estêio de montagem de capô	9	7	7	8	5	5	6	7	8	8	7,00	
2	Montagem de <i>poka yoke</i> para fixação do capô	12	12	9	10	11	10	15	13	12	10	11,40	
3	Içamento de capô com uso de manipulador pneumático	30	15	10	9	7	10	13	10	11	15	13,00	
4	Conferência de avarias (amassados, dentes, entre outros) no capô	19	21	30	8	17	15	12	12	14	12	16,00	
5	Troca do capô caso esteja avariado	0	22	18	0	0	0	0	0	0	0	4,00	
6	Manipular o capô a carroceria	8	8	12	11	8	9	8	8	9	10	9,10	
7	Parafusamento do capô na carroceria	50	39	82	57	34	39	38	42	42	51	47,40	
8	Retirar gabarito de montagem do capô	11	11	12	15	16	15	11	6	11	9	11,70	
9	Inspeção de torque dos parafusos e <i>GAP & FLUSH</i>	30	30	26	36	40	41	32	30	34	35	33,40	
10	Ajuste de <i>GAP & FLUSH</i> , caso haja necessidade	35	52	22	14	34	25	20	79	35	21	33,70	
11	Reinspeção de <i>GAP & FLUSH</i> pós ajuste	20	13	14	13	12	28	25	20	18	24	18,70	
12	Novo ajuste de <i>GAP & FLUSH</i> , caso haja necessidade e reinspeção	0	0	0	0	0	0	15	0	0	19	3,40	
13	Retirar estêio de montagem do capô	7	6	7	9	8	6	4	7	5	8	6,70	
14	Adicionar estêio padrão	9	7	7	8	8	8	9	9	7	6	7,80	
TEMPO TOTAL DE CICLO:		240	243	256	198	200	211	208	243	206	228		
TEMPO MÉDIO DA OPERAÇÃO:		223											
VOLUME GROSS:		128											
VOLUME NET:		118											
REGISTRO DE TEMPO								PRODUÇÃO TOTAL				OBS.: UPD = Unidades por turno - 8h/dia UPH = Unidades po hora	
INÍCIO: 07h a.m.								UPD		128			
TÉRMINO: 08h a.m.								UPH		16			

Fonte: Acervo dos autores.

DISCUSSÃO DAS TAREFAS

TAREFA 3 – CICLOS 1 E 2

Descrição da atividade

Nesta atividade foi visto picos de aumento do tempo. Tal acontecimento se deu a uma não conformidade na parte mecânica do equipamento que realiza o içamento do capô. A pressão do ar estava abaixo do requerido pelos fabricantes não gerando o vácuo suficiente para que as ventosas fizessem a fixação correta na peça.

Possíveis causas

- Não abertura completa da válvula de ar pós realização de manutenção preventiva;
- Falha operacional;
- Falta de inspeção pós realização de manutenção preventiva, e
- Desligamento voluntário por parte dos operadores da estação.

Ação de contenção

Foi acionada a equipe de manutenção mecânica para identificação e correção do problema, onde os mesmos aumentaram a pressão do ar que estava inferior ao solicitado pelos fabricantes do equipamento.

Ação definitiva

Foi sugerido a equipe de Engenharia a utilização da ferramenta: Trabalho padronizado que tem como objetivo a criação de padrão de trabalho que regulamenta o valor mínimo e máximo de pressão do ar, conforme a demanda do recurso pneumático. Com a criação do padrão, terá a assertividade de que mesmo que o equipamento sofra alguma intervenção corretiva ou preventiva o mesmo será ajustado conforme as orientações descritas no padrão de trabalho.

Com o auxílio da ferramenta *Just in time*, foi sugerido a criação de uma rota de inspeção diária para verificação da pressão dos manômetros, criando assim um fluxo para melhor controle do processo e a diminuição de possibilidade de erros.

Com a aplicação das ferramentas sugeridas também haverá a diminuição do risco de acidentes na estação, pois com o maior controle da pressão do ar será menos provável o risco de queda da peça já içada.

TAREFA 4 – CICLOS 2 E 3

Descrição da atividade

Foi visto que na tarefa 4 nos ciclos 2 e 3 ficaram com valores acima da média devido a avarias encontradas nas peças no momento de retirada das mesmas nas caixas. Essas avarias são:

- Amassados;
- Rachaduras;
- Riscos;

Possíveis causas

Foi visto na análise que este problema pode mais de uma possível causa. Sendo elas:

- Má conformação da peça, no momento da estampagem;
- Excesso de transporte;
- Mal armazenamento das caixas de peças, e
- Mal conservação deixando-as em locais impróprios.

Ação de contenção

Foi acionado o superior imediato que coordena a atividade, para que o mesmo tivesse ciência do problema encontrado e o registrasse. Posteriormente foi realizado a substituição da peça por uma com melhor qualidade.

Ação definitiva

No processo de logística, há ainda a deficiência com relação ao cuidado e armazenagem das peças, então foi sugerido a separação da peça com avaria para estudo e análise dos tipos das avarias e fazer o rastreio com o auxílio da ferramenta *Kanban* de forma identificar o histórico de armazenagem das peças. Sendo possível obter informações de qual local as peças foram armazenadas, recebidas e despachadas.

Foi sugerido a diminuição do tempo de espera para somente a quantidade necessária no estoque implantando a ferramenta *Kanban* juntamente com o *FIFO (First in First out)*, garantindo que as peças sigam o fluxo do processo na qual a primeira peça produzida é a primeira peça que sai para futura utilização.

Foi sugerido a aplicação da ferramenta *Takt-Time* para relacionar a quantidade que o cliente demanda para o mercado e a real situação de estoque parado. A implantação dessas ferramentas elimina o estoque parado, excesso de transporte, entre outros.

TAREFA 5 – CICLOS 2 E 3

Descrição da atividade

Na tarefa 5 os resultados do ciclo 2 e 3, apresentou números maiores devido a necessidade de troca da peça. Esta tarefa é pontual e está diretamente ligada com a tarefa 4. Colocando em prática as ações definitivas dos problemas da tarefa 4, esta tarefa deixará de acontecer.

Esta atividade é uma correção, é como se fosse feito a atividade por duas vezes, desperdiçando tempo e agregando custos ao processo produtivo.

TAREFA 7 – CICLO 3

Descrição da atividade

Foi visto na tarefa 7 no ciclo 3, o tempo de processo com aumento significativo e que impacta negativamente no número de carrocerias produzidas no final de um turno de produção. O problema que gerou esse aumento do tempo de execução da tarefa foi a danificação da rosca de fixação que tem como função, prender o capô a carroceria.

Possíveis causas

A perda da rosca da base foi ocasionada pelo mal posicionamento do parafuso e o operador então realizou o aperto do parafuso com o mesmo fora de foco. Isso pode acontecer quando:

- O operador não posiciona o parafuso corretamente;
 - O operador decide adiantar o seu processo, aumentando a velocidade do seu trabalho,
- e
- Falta de padrão de trabalho na estação da atividade, para orientar quanto a maneira correta de realização das tarefas.

Ação de contenção

Foi feito a correção do problema com auxílio de ferramenta “macho M8”, que tem como função refazer os fios de rosca dando então novamente a condição de parafusamento.

Ação definitiva

Foi sugerido a implantação da ferramenta de padronização do trabalho visando a criação de padrão de trabalho, determinando a forma correta de parafusamento do capô e o torque necessário assim como manda a engenharia do veículo. Também foi sugerido análise de espaço através da ferramenta VSM para que fosse determinado melhor lugar para que os operadores pudessem realizar a atividade, de forma, ser possível concluir a atividade dentro do tempo padrão e o espaço necessário.

TAREFA 10 – CICLOS 2 E 8

Descrição da atividade

Foi visto que após a inspeção de *Gap & Flush* do capô que é a medição dos espaços entre as peças e o nivelamento das mesmas, na tarefa 10 nos ciclos 2 e 8 teve-se a necessidade de realização de um novo ajuste. Na inspeção foi visto que as medidas não estavam dentro dos limites de tolerância que é determinado pela engenharia do veículo.

Foi visto que esta atividade é a mais irregular de acordo com os resultados obtidos, ou seja, picos no gráfico de análise de tendências.

Possíveis causas

Este problema pode acontecer devido mais de uma possível causa, sendo elas:

- Montagem incorreta, quando os operadores fazem mau uso das ferramentas de montagem;
- Mau uso do gabarito de montagem, gabarito este que serve para guiar a peça posicionando-a no local correto;
- Devido a inspeção ser realizada entre o capô e o para-lamas, também há a possibilidade de o para-lamas ter sido montado fora do especificado, e
- Possível problema de geometria na peça.

Ação de contenção

Foi feito o desaperto dos parafusos de fixação de capô e para-lamas para realização de ajuste, fazendo uma recolocação das peças. Obteve-se então os espaçamentos entre as duas peças dentro do especificado.

Ação definitiva

Foi sugerido a padronização da montagem e inspeção de capô. Padronizando a utilização das ferramentas de trabalho necessárias para a realização da atividade como: gabaritos de montagem, sequência de montagem, pontos de verificação e inspeção, etc., e posteriormente disponibilizar o padrão de trabalho na estação de trabalho do operador que realiza esta atividade.

No processo de montagem do para-lamas também não havia padrão de trabalho e gabarito de auxílio a montagem, com isso também foi sugerido a criação de trabalho e a confecção de um gabarito de montagem.

Foi sugerido a criação de um *Poka – Yoke*, para a montagem de para-lamas. O *Poka-Yoke* tem a função de eliminar a dúvida e um possível erro de montagem que não é possível enxergar a olho nu. O *Poka-Yoke* aproxima o resultado do trabalho para mais uniformidade possível, mesmo sabendo que em qualquer processo não há produtos idênticos.

Foi sugerido uma nova análise da tarefa com olhar crítico na segurança dos envolvidos na atividade, principalmente nesta tarefa que tem o tempo maior. Isso por que todo o processo que sai do que já estava planejado, induz ao acontecimento de incidentes ou acidentes de trabalho.

CONCLUSÃO

O objetivo principal deste artigo foi realizar uma breve revisão de algumas das metodologias do “*lean manufacturing*”, analisando as oportunidades de melhoria no processo de montagem de capôs e sugerindo-as ao processo. O sistema *lean* proporciona as empresas a oportunidade de recomeço quanto ao seu processo atual, aumentando sua produtividade, melhorando a qualidade dos produtos, melhorando a qualidade de trabalho para o funcionário, entre outros. Existem mais ferramentas que podem ser utilizadas quando o assunto é a melhoria contínua, cada uma com suas particularidades e contribuições. Todo o processo de implementação das ferramentas deve ser antes planejado e realizado uma análise de interferências e falhas, isso para que não haja falhas no processo.

Para que as ferramentas deem resultado também é necessário a interação de equipes com pessoas motivadas, garantindo assim a sinergia das áreas e buscando o alcance dos objetivos em conjunto. Pós implantação é necessário fazer a manutenção dos aprendizados rotineiramente, isso para que não se perca os resultados que foram conseguidos e faça valer a pena o tempo e custo gasto para a implementação das ferramentas. O conjunto da utilização das ferramentas do sistema “*lean manufacturing*” garante diminuição de custos agregados, tempo de processamentos dos produtos, diminui o intervalo de tempo de produto ao cliente e o principal a satisfação do cliente com produtos de qualidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]GLÓRIA, T. G.”. **APRESENTAÇÃO E APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE PRODUÇÃO ENXUTA EM UMA INDÚSTRIA DE ILUMINAÇÃO VEICULAR PARA A REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS E A OBTENÇÃO DE UMA MAIOR PRODUTIVIDADE NOS PROCESSOS DE MONTAGEM DE LANTERNAS AUTOMOTIVAS**. 2012. 70f. Monografia (Pós-graduação) – Curso de pós-graduação em Engenharia Automotiva, CEUN-IMT, São Caetano do Sul, 2012.
- [2]JUNIOR, E. L. C. **GESTÃO EM PROCESSOS PRODUTIVOS**. Curitiba – PR. IBPEX. 2008. 156p.
- [3]REZENDE, D. M. et al. **LEAN MANUFACTURING: REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS E A PADRONIZAÇÃO DO PROCESSO**. 2013. 13 f. “...” – Curso de Engenharia de Produção Automotiva, FER, Rio de Janeiro. 2013.
- [4]SOUZA, W, et al. **JUST IN TIME A APLICAÇÃO DE SEU CONCEITO, CARACTERÍSTICAS E OBJETIVO EM UM ESTUDO DE CASO EM INDÚSTRIA DE AUTOPEÇAS**. 2012. 14 f. Anhanguera Educacional Ltda - SP. 2014
- [5]BOEG, J. **KANBAN EM 10 PASSOS**. 2012. Traduzido por INFOQ. 2012. Disponível em: <http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/33217671/InfoQBrasil-Kanban10Passos.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1492471605&Signature=XIwWbCilw1RIJzxWZ6PII7kCP30%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DInfo_QBrasil-Kanban10Passos.pdf>. Acesso em: 29 de abril de 2017.
- [6]KISHIDA, M. et al. **BENEFÍCIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO TRABALHO PADRONIZADO NA THYSSENKRUPP**. 2006. Implementação na fabricação de virabrequim em thyssenkrupp. 9f. Campo Limpo – SP.
- [7]RIANI, A. M. **O LEAN MANUFACTURING APLICADO NA BECTON DICKINSON**. Juiz de Fora – MG,2006. 52p. Trabalho de Conclusão de Curso – UFJF (Universidade Federal de Juiz de Fora), 2006.
- [8]QUELHAS, O. L. G; LIMA, G.B.A. **SISTEMA DE GESTÃO DE SEGURANÇA E SAÚDE OCUPACIONAL: FATOR CRÍTICO DE SUCESSO A IMPLANTAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NAS ORGANIZAÇÕES BRASILEIRAS**. Rio de Janeiro – RJ. UFRJ. 2006. 34p.
- [9]BENTO, A. R. et al. **IMPLANTAÇÃO DA PIRÂMIDE DE HEINRICH NA PREVENÇÃO DE ACIDENTES EM UMA INDUSTRIA AUTOMOTIVA**. In: 69º Congresso anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET – ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDANTES DE ENGENHARIA METALÚRGICA DE MATERIAIS E DE MINAS, 21 A 25 DE JULHO DE 2014, SÃO PAULO – SP. Curitiba – PR. 2014. 12p.
- [10]A **EVOLUÇÃO DA PIRÂMIDE DE DESVIOS**. Disponível em: <<http://falandodeprotecao.com.br/piramide-de-desvios/>> Acesso em: 16 de maio de 2017.

[11]ALVAREZ, R. R.; ANTUNES JR., José Antônio Valle. **TAKT-TIME: CONCEITOS E CONTEXTUALIZAÇÃO DENTRO DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO**. Gest. Prod., São Carlos, v. 8, n. 1, p. 1-18, Apr. 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2001000100002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 24 de abril de 2017.

[12]SEYBOTH, J. A. K. et al. **APLICAÇÃO DA CRONOANÁLISE PARA A OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PÃES FRANCESES EM UMA PANIFICADORA DE PEQUENO PORTE**. In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Ponta Grossa – PR, 2015. 10p.

[13]ROCHA, J. A. V. NAVARRO, A. **A IMPORTÂNCIA DA CAPACIDADE PRODUTIVA E CRONOANÁLISE PARA EMPRESAS DO POLO MOVELEIRO DE UBÁ**. In: IX SAEPRO - SIMPÓSIO ACADÊMICO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Viçosa - MG, 2014. 8p.

[14]FIALHO, A. B. **AUTOMAÇÃO PNEUMÁTICA – PROJETOS, DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE DE CIRCUITOS**. São Paulo – SP. 2003. 328p.