UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO

FACULDADE DE CIENCIAS ECONÔMICAS, ADMINISTRATIVAS E CONTÁBEIS

CURSO DE ADMINISTRAÇÃO

CAMPUS CARAZINHO

ESTÁGIO SUPERVISIONADO

RAFAEL SCHNEIDER

IDENTIFICAÇÃO DE GARGALOS E INEFICIÊNCIAS EM UMA LINHA DE MONTAGEM ENXUTA: um estudo de caso em uma indústria de máquinas e implementos agrícolas.

PASSO FUNDO

2017

RAFAEL SCHNEIDER

IDENTIFICAÇÃO DE GARGALOS E INEFICIÊNCIAS EM UMA LINHA DE MONTAGEM ENXUTA: um estudo de caso em uma indústria de máquinas e implementos agrícolas.

Estágio Supervisionado apresentado ao Curso de Administração da Universidade de Passo Fundo, campus Carazinho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Administração.
Orientador: Prof. Ms. Fábio Roberto Barão.

PASSO FUNDO

2017

RAFAEL SCHNEIDER

IDENTIFICAÇÃO DE GARGALOS E INEFICIÊNCIAS EM UMA LINHA DE MONTAGEM ENXUTA: um estudo de caso em uma indústria de máquinas e implementos agrícolas.

Estágio Supervisionado aprovado em __ de _____ de _____, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Administração no curso de Administração da Universidade de Passo Fundo, campus Carazinho, pela Banca Examinadora formada pelos professores:

Prof. Ms. Fábio Roberto Barão
UPF – Orientador

Prof. Ms.
UPF

Prof. Ms.
UPF

PASSO FUNDO

2017

Dedico este trabalho aos meus familiares,
em especial ao meus pais que sempre me apoiaram e me
deram forças para realizações de meus sonhos.

A eles meu agradecimento!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que me deu forças e saúde para realização de mais uma etapa de minha vida.

Minha família, amigos e colegas que por muitas vezes estive ausente e não pude ajudar em alguns momentos.

Aos professores da UPF que sempre se esforçaram ao máximo para buscar o conhecimento e de forma clara e objetiva repassar aos acadêmicos.

Ao Prof. Fábio Barão, que com sua sabedoria soube orientar e compreender as dificuldades encontradas durante a realização deste trabalho.

Á empresa Stara S/A e gestores que disponibilizaram o material necessário para elaboração dos estudos.

Enfim a todos que uma forma ou de outra compreenderam e ajudaram nesta caminhada, o meu muito obrigado!

“O êxito da vida não se mede pelo caminho que você conquistou, mas sim pelas dificuldades que superou no caminho”.

ABRAHAM LINCOLN

RESUMO

SCHNEIDER, Rafael. **Identificação de gargalos e ineficiências em uma linha de montagem enxuta:** um estudo de caso em uma indústria de máquinas e implementos agrícolas. Carazinho, 2017. 67 f. Estágio Supervisionado (Curso de Administração). UPF, 2017.

O trabalho tem como objetivo identificar os gargalos e ineficiências de uma linha de produção enxuta a partir dos tempos de operação da cronoanálise e apontamento de ordens de produção diagnosticando os postos passíveis de melhoria em uma empresa voltada ao segmento agrícola. Partindo dos tempos de ciclos encontrados por intermédio da cronoanálise e dos apontamentos das ordens de montagem retirados junto ao sistema gerencial da empresa se buscou através de métodos estatísticos comparar as variações representadas em tabelas e gráficos os postos de trabalho que necessitam passar por revisões relacionados aos tempos de operação com base no *takt time* da linha. Partindo dos resultados encontrados pode se afirmar que existem gargalos e postos ineficientes que comprometem a produção demandada para a linha estudada e postos de trabalho que possuem tempos ociosos elevados, precisando ser reavaliados para atender o *takt time* desejado com maior eficiência. Também se conclui que, existe uma diferença elevada quanto aos tempos cronometrados e apontados pelas ordens de montagem, sendo que isto também deverá identificado as causas pois as tarefas de montagem analisadas foram as mesmas.

Palavras-chaves: *Takt time*. Tempos de Ciclo. Linha de montagem.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Funções típicas de uma empresa 16
Figura 2 - Processos e operações 19
Figura 3 - Interdependências entre subsistemas do sistema de produção 34
Figura 4 - Comparação Sistema Empurrado e Sistema Puxado 36
Figura 5 - Pulverizador de arrasto (Aliança com a Amazone Werke) 47
Figura 6 - Pulverizador auto propelido Imperador 3100 (Barras Centrais) 48
Figura 7 - Visão aérea da empresa 49
Figura 8 - Caracterização da linha 50
Figura 9 - Hercules 6.0 (Esquerda) e Gladiador 2300 (Direita) 50
Figura 10 - Fluxograma da ordem dos postos de montagem 51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coeficiente de distribuição normal.....26
Tabela 2 - Coeficiente d_2 para determinar nº de cronometragens 26
Tabela 3 - Banco de dados das cronometragens iniciais 52
Tabela 4 - Definição do número de cronometragens.....53
Tabela 5 - Resultado das cronometragens 54
Tabela 6 - Tempos dos lançamentos das ordens de montagem.....55
Tabela 7 - Comparação dos tempos médios 56
Tabela 8 - Identificação da variância no tempo dos lançamentos 57
Tabela 9 - Variação do tempo dos lançamentos X cronometrado.....58
Tabela 10 - Takt time X Média tempo cronometrado 59

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO **12**
1 IDENTIFICAÇÃO E JUSTIFICATIVA DO PROBLEMA 13
1.2 OBJETIVOS 15
1.2.1 Objetivo Geral **15**
1.2.2 Objetivo Específicos **15**
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA **16**
2.1 ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO 16
2.1.1 Administração científica **17**
2.1.2 Gerenciamento de Processos e Operações **18**
2.2 TEMPOS DE OPERAÇÕES 20
2.2.1 Determinação dos tempos **21**
2.2.2 Tempo de ciclo **23**
2.2.3 Tempo padrão **24**
2.2.4 Equipamentos para estudo dos tempos **25**
2.2.5 Número de cronometragens **25**
2.2.6 Takt-time **27**
2.3 MEDIDAS DE DISPERSÃO 29
2.3.1 Amplitude **29**
2.3.2 Média **30**
2.3.3 Desvio Padrão **30**
2.3.4 Variação **31**
2.4 TECNOLOGIA DE PROCESSO 32
2.5 SISTEMAS DE PRODUÇÃO 34
2.5.1 Sistema de Produção Puxada **36**
2.5.2 Sistema de Produção Empurrada **37**
2.5.3 Produção Enxuta **41**
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS **43**
3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA 43
3.2 VARIÁVEIS DE ESTUDO 43
3.3 UNIVERSO DE PESQUISA 44
3.4 PROCEDIMENTO E TÉCNICA DE COLETA DE DADOS 45

3.5 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE DADOS 45
4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 46
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA ESTUDADA 46
4.1.1 Missão e Valores 49
4.2 CARACTERIZAÇÃO DA LINHA DE MONTAGEM 49
4.3 IDENTIFICAÇÃO DOS TEMPOS E CRONOMETRAGEM 52
4.4 COMPARAÇÃO DOS TEMPOS DE CICLO 55
4.5 IDENTIFICAÇÃO DAS VARIAÇÕES 56
4.6 DIAGNÓSTICO DOS POSTOS DE TRABALHO 58
4.7 CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES 60
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 62
REFERÊNCIAS 63

1 INTRODUÇÃO

Até o século XVIII, todas as técnicas agrícolas utilizadas eram rudimentares, após a revolução industrial e o êxodo rural, diminuindo a mão de obra na lavoura, se viu a necessidade de aperfeiçoar a maneira de produção no campo, para assim garantir a produtividade e subsistência humana (DERRY e WILLIANS, 1977 citado por VIAN, 2010).

Entre as cadeias de setores envolvidas no agronegócio está a indústria de máquinas e implementos agrícolas, que nos últimos anos a competividade aumentou drasticamente levando empresas a adotar novas estratégias para se manterem no mercado, como por exemplo, o uso de tecnologia no campo, onde até meados do início dos anos 2000 não era cogitado o uso. Cabe citar que o setor teve grande aumento após a II Guerra Mundial até a década de 1970, após isso o cenário brasileiro entrou em uma forte crise devido a influência política do governo Collor e fracassos na produção, com aumento de taxas e importação dos produtos, acrescentado por problemas estruturais como o escoamento de safra. Na década de 1990 aos poucos o setor começou uma retomada, com safras melhores e um maior incentivo do governo e consequentemente uma maior competitividade neste ramo (PASQUAL; PEDROZO, 2005).

O surgimento de máquinas agrícolas no século XIX, viabilizou ganhos de produtividade e tempo de trabalho, mudando as antigas técnicas utilizadas e aumentando a oferta de produtos no mercado mundial, contudo, houve a necessidade de redução da mão de obra envolvida no ramo. (VIAN, 2010).

Representado por uma arrecadação de U$ 90 bilhões por ano, o agronegócio é um dos principais setores exportadores de carnes bovina e aves do Brasil, representando 22,15% do PIB em 2012, também um dos líderes na produção de soja no mundo. Através destes números, faz com que gire toda uma cadeia complexa de suprimentos, produção, logística, beneficiamento de produtos e consumidor final, gerando milhares de empregos diretamente e indiretamente no Brasil. O produtor rural hoje é considerado um empresário rural, com desafios constantes em um ambiente cada vez mais competitivo por redução de custos e aumento de sua rentabilidade.

O uso crescente da tecnologia no campo agregou significativamente no aumento da produção das *commodities*, com destaque para a soja, trigo, milho, algodão, cana-de-açúcar, suco de laranja e café. O uso de sistemas eletrônicos integrados com a agricultura de precisão, plantio direto diminuindo a erosão dos solos, avanços em pesquisa genética e controle biológico na diminuição dos usos de fertilizantes e defensivos agrícolas, fez com a produção aumentasse, sem afetar o meio ambiente.

Especialmente no Brasil, a migração de jovens para a cidade diminui drasticamente, o atual cenário agrícola está mais exigente por profissionais qualificados e empreendedores devido ao aumento de tecnologia integrada nos equipamentos, fazendo com que a renda no campo aumente, ao contrário de países desenvolvidos onde os jovens não estão interessados na atividade. Considerando uma estimativa de aumento de 1/3 da população mundial atual prevista para 2030 segundo as Nações Unidas, e este aumento concentrado em nível urbano, somado ao envelhecimento da população, tanto nacional e internacional, estará demandando um aumento considerável da produção, e um dos únicos países que poderão estar expandido sua produção é o Brasil, necessitando pesquisas e inovações no setor para que isto seja possível, sem a degradação do meio ambiente (UNFPA, 2011).

A necessidade de integrar novos processos afim de redução dos custos e melhoria na qualidade é um fator relevante na indústria de máquinas agrícolas, devido ao aumento da competividade perante a demanda de clientes cada vez mais exigentes. Em indústrias metalúrgicas, onde o aço é o principal componente na transformação dos produtos, o custo e valor do produto final estão diretamente sendo influenciados nos processos internos da empresa, levando gestores da área garantir o diferencial competitivo de preços frente a concorrência. A vantagem competitiva é ocasionada quando em todos os processos da empresa, desde a compra de matéria prima a entrega do produto final ao seu cliente é feita com maior eficiência que seus concorrentes (PORTER, 1997).

1 IDENTIFICAÇÃO E JUSTIFICATIVA DO PROBLEMA

Os sistemas de produção tiveram muitos avanços nos últimos anos, principalmente voltados a integração de meios tecnológicos para tomada de decisões no qual estão sendo feitos investimentos altos para melhorar a rapidez nas informações para otimizar os recursos e aumentar a lucratividade da empresa. A aplicação da tecnologia da informação no chão de fábrica tem se mostrado cada vez mais vantajoso desde os sistemas de produção mais antigos

aos sistemas mais atuais como os ERP`s (*Enterprise Resourses Planning*) que interliga todo o sistema com os diversos departamentos de uma empresa.

A busca constante de elevar a produtividade e eficiência nas operações dentro da produção tem se tornado frequente em empresas com filosofia enxuta, cada vez mais ferramentas informatizadas são necessárias para otimizar os tempos e aumentar o rendimento. O departamento de PPCP (Programação, Planejamento e Controle de Produção) aparece como uma importante área na gestão de uma empresa, o qual garante os recursos necessários para a produção, dentro do tempo certo e na quantidade correta, incluindo diversos controles para otimização destes recursos, e para aumentar o nível de assertividade das tarefas dentro do departamento se faz necessário o uso de ferramentas de informação modernas, além de depender de informações de diversos outros departamentos para o bom andamento das atividades desenvolvidas, dentre eles o departamento de engenharia de produto, através de suas listas de componentes, engenharia de fábrica que analisa os tempos e roteiros, comercial com as projeções de demandas, compras que garante o material o material na data programada.

Conforme Maynard (1970) citado por Venancio et al. (2015), a definição dos tempos corretos para as operações industriais é muito importante, desde o início de produção e o restante de suas fases, para garantir as operações diárias e entregas dos produtos acabados dentro dos prazos.

Diante da competitividade presente nas indústrias e necessidade constante de redução de custos para aumentar a lucratividade, o estudo de tempos e movimentos garante análises detalhadas para andamento das tarefas, objetivando a eliminação de elementos desnecessários nas operações, determinando o melhor e mais eficiente método para execução.

Com base nas dificuldades encontradas no planejamento correto dos recursos para a produção, o tempo assume papel fundamental para o planejamento da produção e também a compra de matéria prima e componentes dentro do cálculo de MRP, para tanto é necessário o uso dos tempos de operações cadastrados corretamente, desta forma se faz o seguinte questionamento: quais os postos com gargalos e ineficiências de uma linha de montagem com filosofia enxuta em uma empresa inserida no setor de máquinas e implementos agrícolas?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Identificar os gargalos e ineficiências de uma linha de produção enxuta a partir dos tempos de operação da cronoanálise e apontamento de ordens de produção diagnosticando os postos passíveis de melhoria.

1.2.2 Objetivo Específicos

- Identificar os tempos de ciclos através dos apontamentos de ordens de montagem e da realização da cronometragem.
- Comparar o levantamento do tempo de ciclo dos apontamentos de ordens com o tempo obtido através de cronometragem.
- Identificar através das medidas de dispersão as flutuações dos tempos de ciclo comparando ao *takt time* da linha de montagem.
- Diagnosticar os postos de trabalho para melhoria dos tempos de operação de acordo com as dispersões mais elevadas.

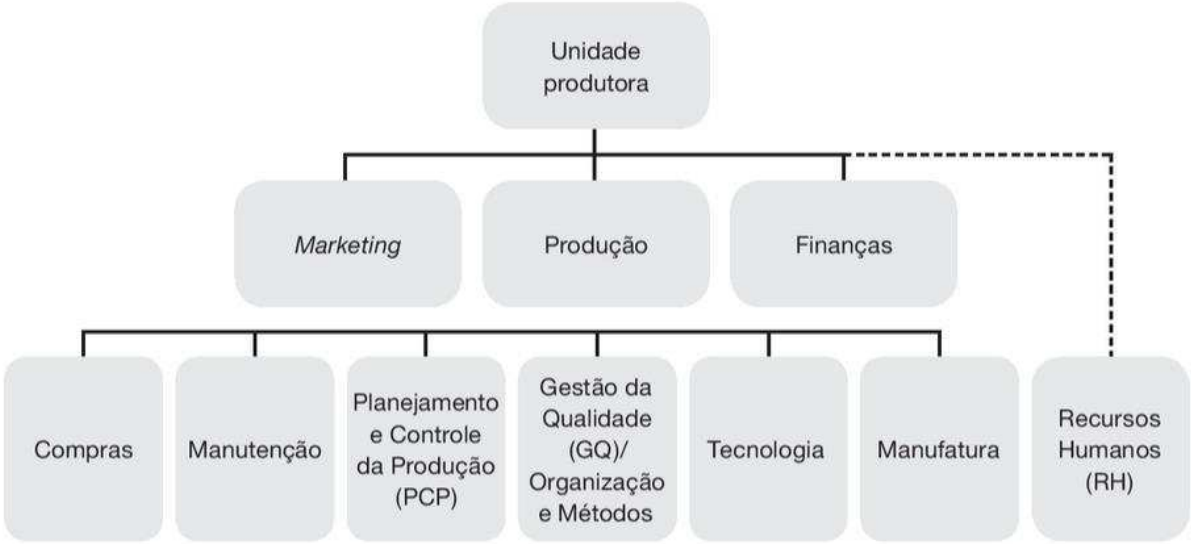
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO

A administração da produção trata da maneira que as organizações produzem bens ou serviços, sendo esta a função de qualquer organização (SLACK, 2015).

A produção juntamente com o marketing e finanças são as funções primárias de qualquer empresa, além de vários processos que compõe o sistema produtivo, buscando retirar a máxima produtividade através dos recursos disponíveis, como máquinas, mão e obra, instalações, visando garantir a excelência na utilização destes recursos, conforme demostra a Figura 1, além dos departamentos com funções primarias, o aumento da departamentalização varia conforme a necessidade e tamanho de uma empresa (ALBERTIN; PONTES, 2016).

Figura 1 - Funções típicas de uma empresa



Fonte: Albertin e Pontes (2016, p. 15)

Todas as atividades relacionadas a produção necessitam ser planejadas, coordenadas, dirigidas, executadas e controladas pelas organizações, constituídas por recursos humanos,

físicos e materiais, financeiros, tecnológicos, aonde uma depende da outra para sobreviver em uma sociedade moderna, a administração trata do planejamento, direção e controle de todas as atividades que ocorrem dentro de uma organização (CHIAVENATO, 2014).

A medida que as empresas se tornam maiores, departamentos precisam ser criados para assumir responsabilidades por certos conjuntos de tarefas, onde cada função é especializada, porém muitos processos ultrapassam a barreira departamental e se estendem por toda a empresa (RITZMAN; KRAJEWSKI; MALHOTRA, 2009).

2.1.1 Administração científica

A administração científica foi iniciada no começo do século XX pelo engenheiro Frederick W. Taylor, considerado o fundador da moderna Teoria Geral da Administração, cujo seu nome se deve ao uso de métodos científicos para observação e mensuração dos trabalhadores operacionais para aumentar a eficiência operacional, em seguida vieram outros nomes como Gantt, Gilbreth, Emerson, Ford, Barth e outros, provocando uma revolução no mundo industrial naquele momento. A ideia principal era eliminar os desperdícios e perdas, elevando a produtividade, concluindo que os operários que produziam menos recebiam a mesma remuneração que operários mais produtivos (CHIAVENATO, 2014).

Conforme Silva (2008), Taylor revolucionou a forma de trabalhado dos processos tradicionais por métodos novos através da aplicação da administração cientifica em várias empresas norte-americanas. Sem qualquer conhecimento em administração, se baseava somente em investigações sobre o que deveria ser feito. Ganhando maior confiança de seus patrões devido estar garantindo maiores lucros e valorizando o trabalho de chão de fábrica.

De acordo com Bertram M. Gross, citado por Silva (2008), a forma de trabalho de Taylor se divide em cinco aspectos principais:

- Análise do trabalho: compreensão do estudo dos tempos e movimentos;
- Padronização de ferramentas: harmonizar os métodos e como fazer;
- Seleção e treinamento dos trabalhadores: tarefas de acordo com a aptidão de cada pessoa;
- Supervisão e planejamento: separação do planejamento com a execução;
- Pagamento por produção: além do salário os operários considerados acima da média produtiva receberiam adicionais ou bonificações;

O objetivo principal de Taylor, mencionado por Silva (2008), era aumentar a produtividade do trabalhador através de análises científicas sistemáticas, garantindo maneiras melhores de trabalho, motivando os trabalhadores para produzir o mais rápido possível, enquanto eram utilizadas as maneiras mais corretas para as atividades. Colocando também em prática a ideia de remuneração por produtividade como solução de motivação, ou seja, quanto mais peças o empregado produziria, maior seria sua remuneração.

De acordo com Chiavenato (2014), Taylor encara sistematicamente o estudo da organização, sendo o primeiro a analisar os tempos e movimentos, definição de padrões de execução das tarefas, treinamentos, especialização de pessoas, incluindo a gerência. A administração científica incentiva a padronização de produção, máquinas e ferramentas, métodos e rotinas para execução das tarefas.

2.1.2 Gerenciamento de Processos e Operações

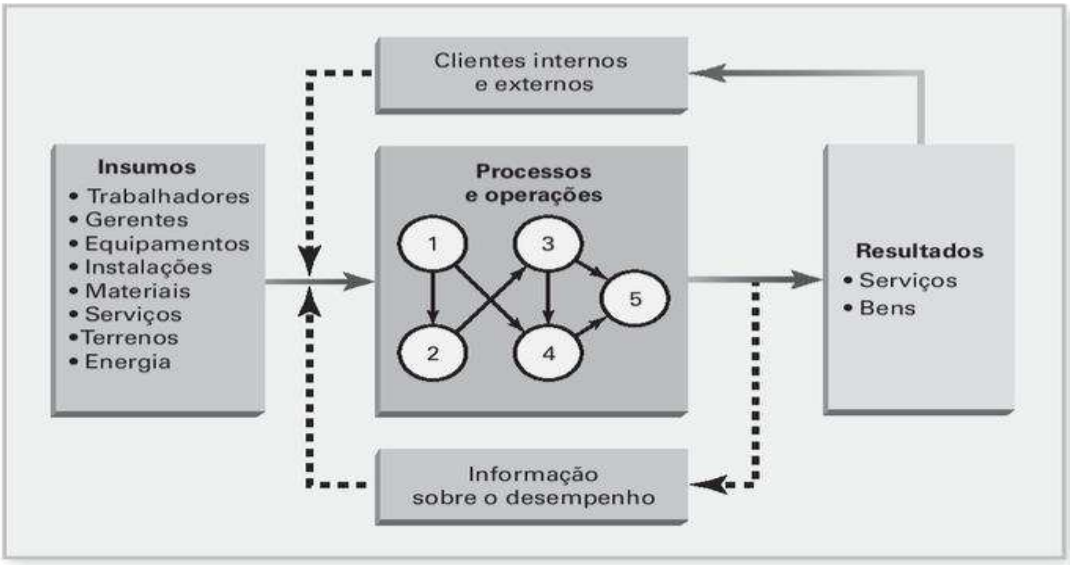
O gerenciamento de processos e operações dedica-se a entender a forma de como são produzidos os bens e serviços, sendo que todas as partes que a empresa é composta são feitas de processos e cada processo pode ser desenhado conforme necessidade, onde pode se remodelar radicalmente a forma que os processos estão organizados, e também criar processos do início ao fim desde que cumpra as necessidades dos clientes. Os processos e operações podem influenciar no gerenciamento estratégico de uma empresa de quatro maneiras: custo, receita, investimento e capacidade. Dessa forma o gerenciamento deve obter o retorno sobre investimento, aumentando a capacidade e geração de receita e redução dos custos (SLACK et. al., 2013).

De acordo com Ritzman e Krajewski (2004), um processo é qualquer atividade que parte de um ou mais insumos, transforma e lhes agrega valor, criando um produto ou serviço que atenda os clientes. Os processos fornecem resultados tanto para clientes internos e externos, os clientes internos podem ser empregados que dependem de insumos de processos anteriores afim de executar o processo em seu local de trabalho, já o cliente externo, podem ser usuários finais ou intermediários, como atacado, varejo ou fabricantes que compram produtos acabados e serviços da empresa (Figura 2).

Conforme Kopak (2003) citado por Antunes, Sehnem e Lima (2014), o processo é estabelecido como um conjunto de atividades com uma sequência estabelecida, por outro lado, pode ser definida como a gestão da produção, incluindo desde a compra de matéria prima ao

produto final, sendo relacionada diretamente a fornecedores e clientes. Favaretto (2001) ainda complementa que, a produção está interligada com todos os setores da empresa, para que haja competitividade é necessário melhorias contínuas, aumento do rendimento operacional, otimizando os recursos, resultando em ganhos econômicos maiores.

Figura 2 - Processos e operações



Fonte: Ritzman; Krajewski (2004, p. 3).

Conforme Corrêa; Corrêa, 2004; Peci; Sobral, 2008, citado por Andreoli e Ahlfeldt (2014), os tipos básicos de roteiros de produção são:

- Produção por tarefa: produção em volumes ou lotes e com grande variedade de produtos praticamente unitários, para ter uma maior flexibilidade, os roteiros de fabricação são variados e os recursos não são dedicados, ou seja, pode ser utilizado para produção de produtos diferentes.
- Produção por lotes: a fabricação ocorre em lotes de produtos, com isso o volume aumenta e a variedade diminui, mas ainda se mantem a possibilidade de produzir uma variedade grande e ao mesmo tempo reduzir os custos devido a economia em quantidades.
- Produção em massa ou linha: grande volume de produção e pouca variedade, caracterizado por um processo sequencial de montagem chamado de linha de produção. Processo bastante padronizado e repetitivo, oportunizando ganhos na redução de custos.

- Produção contínua: processo e produção caracterizado como sendo interrupto, no qual não sofre paradas entre as etapas do processo.

2.2 TEMPOS DE OPERAÇÕES

O estudo dos tempos e movimentos é a ferramenta para racionalizar o trabalho dos operários, consiste em divisão e subdivisão dos movimentos necessários para execução da tarefa, eliminando as tarefas desnecessárias e por outro lado é simplificado os movimentos úteis sendo racionalizados, ou integrados com outras operações, proporcionando economia e diminuição do esforço do operário (CHIAVENATO, 2014).

Segundo Barnes (1977), o estudo dos tempos é utilizado para determinar o tempo necessário, para um operador qualificado e treinado, trabalhando em um ritmo normal executar uma tarefa específica, chamado de tempo padrão da operação.

A análise dos processos produtivos deve ser revista constantemente, incorporada a cultura da empresa, apesar da evolução dos processos produtivos, ferramentas tecnológicas e sistemas informatizados, é importante que os processos sejam revistos, buscando melhorias e evoluções (TÁLAMO, 2016).

De acordo com Laugeni e Martins (2015), os tempos padrões tem influências no fluxo de materiais de uma empresa, sendo importante para definir padrões para os programas de produção, fazendo com que os recursos sejam utilizados com maior eficácia possível, define os custos de fabricação e também utilizado como estimativa para um novo produto, promove fundamentos para estudos sobre o balanceamento de produção, planejamento de capacidade e roteiros de fabricação.

Conforme afirmam Peinaldo e Graeml (2007) as atividades mais complexas ou difíceis de se executar necessitam de mais tempo para que haja um melhoramento do nível de produtividade e qualidade do produto, sendo que quanto mais treinado e qualificado o operador for, maior será seu rendimento na execução das atividades. O estudo dos tempos, analisa cada operação de uma tarefa, eliminando qualquer elemento desnecessário para definição do melhor método para execução.

O estudo dos tempos não está somente atrelado a melhor forma de executar uma tarefa, mas sim explorar um padrão de referência na busca de estabelecer a capacidade de produção de uma empresa, determinar o custo de mão de obra para incluir no cálculo de produto vendido,

estimar o custo de um novo produto em fase do projeto ainda, balancear linhas de produção e montagem (PEINALDO; GRAEML, 2007).

2.2.1 Determinação dos tempos

O tempo padrão é definido por Chiavenato (2014) como o tempo médio necessário para realizar a tarefa de forma racional, é o nível de eficiência equivalente a 100%. A produção até o nível de 100% de eficiência é remunerada pelo número de peças produzidas, caso o número de peças seja superior, o salário é acrescido por um prêmio de produção que aumenta à medida que se eleva a eficiência.

De acordo com Tálamo (2016), para definição do tempo padrão, primeiramente se faz necessário a determinação do tempo médio da operação, que é o próprio tempo obtido através do processo de cronometragem, após é realizado o cálculo de tempo normal, que é o cálculo do tempo necessário para um trabalhador qualificado realizar a tarefa em ritmo normal, e em sua última etapa se analisa o cálculo do tempo padrão, aplicando os fatores de tolerância, pois não se pode esperar que uma pessoa trabalhe sem interrupções, desse modo, o tempo padrão deverá conter a duração das atividades executadas durante a operação e incluir os fatores de tolerância e ritmo, definido pela equação a seguir,

$$TP = TN \times F_T$$

Onde,

TP = Tempo Padrão

TN = Tempo Normal

F_T = Fator de Tolerância

Conforme descreve Peinaldo e Graeml (2007), o objetivo da medida dos tempos de trabalho era determinar a melhor e mais eficiente forma de desenvolver uma determinada atividade, utilizando se de métodos estatísticos, teve seu início na metade do século XX, e aplicado somente em indústrias, sendo a cronometragem a forma mais comum utilizada para medição.

Conforme descrito por Braga (2015), para facilitar o cálculo de horas é necessário a conversão de horas sexagesimais, ou seja, as horas contabilizadas em relógio, para horas centesimais, para isto é necessário realizar o seguinte cálculo abaixo,

$$Hora\ centesimal = Minuto \div 60$$

Exemplo: 8 horas e 45 minutos, se mantem o valor das horas e é convertido o valor dos minutos, conforme abaixo,

45 minutos/ 60 = 0,75 + 8 horas = 8,75 horas

2.2.1.1 Fatores de tolerância e ritmo

Tálamo (2016, p. 91) define que o ritmo é "a atividade que estabelece a relação entre o ritmo de trabalho de cada uma das diversas pessoas que participam de uma atividade". Quando temos uma atividade executada por pessoas diferentes, como a montagem de um subconjunto, é inevitável que apresentem pessoas com aptidão, força e resistência física diferentes, resultando em velocidades de acordo com a desenvoltura de cada pessoa, para isto não se pode cronometrar pessoas muito rápidas e consequentemente pessoas muito lentas, é necessário o meio termo.

Conforme Tálamo (2016) as tolerâncias nas operações apresentam características particulares, descritas como: tolerância para a fadiga, pessoal e para espera.

- Tolerância pessoal: está associada as necessidades pessoais dos trabalhadores, tais como tomar água, café, ir ao banheiro, etc. Para isto se faz necessário o rodizio de pessoas em postos de trabalho, para que tais ausências sejam permitidas, e mesmo que pequenas, seja necessário a contabilização.
- Tolerância para fadiga: antigamente estava associado ao trabalho físico, contudo seu foco se ampliou para o trabalho psicológico ou moralmente árduo, devido a disseminação da TI, atualmente este tipo de tolerância deve ser estudado juntamente com a legislação, pois envolve fatores relacionados a lesões, postura e psíquico.
- Tolerância para espera: é descrita como a interrupção não prevista do trabalho, causando parada do operador, podendo ser classificada como evitável ou inevitável. As folgas evitáveis, estão relacionadas ao comportamento do

trabalhador durante a execução da atividade, caracterizado como redução do ritmo. Já as folgas inevitáveis, são causados por fatores externos ao processo de trabalho, como por exemplo o atraso de materiais do fornecedor ou quebra de uma máquina.

Para determinação do cálculo do fator de tolerância, Tálamo (2016) descreve que podem ser expressas tanto como porcentagem quanto pelo próprio tempo de duração da jornada de trabalho, com isto o fator de tolerância (F_T), pode ser expresso pela seguinte equação,

a. Cálculo tolerância expresso em porcentagem

$$F_T = \frac{1}{1-p}$$

b. Cálculo tolerância expresso em tempo de jornada

$$F_T = \frac{Jornada\ Total}{Jornada\ \text{útil}} = \frac{Jornada\ Total}{Jonada\ \text{útil} - folga}$$

2.2.2 Tempo de ciclo

O tempo de ciclo é descrito como o tempo transcorrido na produção entre a saída de um produto e a saída do próximo produto imediatamente subsequente, normalmente expresso em segundos, porém pode ser usado em minutos ou horas, dependendo o que for mais conveniente ao estudo. Quando é estudado o tempo de ciclo de forma separada, montado automático ou semiautomático por uma única pessoa, o tempo de ciclo é considerado como o próprio tempo padrão, porém quando analisamos uma célula de manufatura ou principalmente uma linha de montagem o tempo de ciclo é definido por meio da operação fabril (TÁLAMO, 2016).

Conforme Peinaldo e Graeml (2007), o tempo de ciclo de uma linha de produção é considerado como o tempo necessário para montar uma peça, tempo máximo permitido antes que a tarefa seja passada para a próxima estação, sendo o tempo mínimo necessário para execução de uma única tarefa individual mais demorada e o tempo máximo o tempo somado de todas as tarefas.

Rother e Shook (1999) citado por Quitério (2010) complementam descrevendo que o tempo de ciclo é a frequência que a peça ou quando o produto é processado por completo, ou seja, é o tempo do intervalo entre o a saída de dois produtos consecutivos de um determinado processo.

De acordo com Filipe (2006), o tempo de ciclo pode ser calculado de acordo com o exemplo a seguir para conversão do tempo em segundos para horas centesimais,

1 hora = 3600 segundos desta forma, se divide os segundos por 3600 para encontrar o valor centesimal em horas.

2.2.3 Tempo padrão

Conforme Barnes (1977) o tempo padrão não deve sofrer com alterações frequentes, salvo quando existir alterações no método, materiais, ferramentas, equipamentos, arranjo físico, ou condições de trabalho, ou quando existir algum erro de cálculo quando definido o tempo padrão.

Segundo Barnes (1977, p. 326) o tempo padrão estabelece que "uma tarefa, compreende-se que o operador deverá executar a operação exatamente como especificado no registro do método padronizado ou na folha de instruções".

Desde que o operador execute as atividades conforme estabelecido, a empresa deve manter o tempo padrão, devendo seguir e respeitar o modo de trabalho de cada operador, dessa forma não pode existir a ideia de que se reduza o tempo se o operador receber um aumento salarial. Alterações no método de trabalho, não deve ser usado para poder ser reduzido o tempo padrão (BARNES, 1977).

As auditorias do tempo padrão tem como finalidade determinar a forma que os tempos padrões e as técnicas já definidas estão sendo executadas, sendo que o relatório de auditoria incluiria as variações com relação ao tempo padronizado, identificando e recomendando mudanças e correções (BARNES, 1977).

Após a definição das operações deverá ser definido qual o tempo padrão do objeto em análise, visando identificar o tempo necessário para um operador preparado executar certa operação, com a coleta os dados é possível estimar o custo de mão-de-obra necessário, servindo de base para questões salariais e planejamento e controle de produção, desta forma é necessário o treinamento para que o operador execute as tarefas sem dificuldades (FIGUEIREDO; OLIVEIRA; SANTOS, 2011 citado por CASTRO; RAMOS; COSTA, 2012).

2.2.4 Equipamentos para estudo dos tempos

Davis et. al. (2001) citado por Venancio et al. (2015), propõe o estudo de tempos por meio de cronometragens no local de realização do trabalho, ou observando vídeos das tarefas executadas, com a utilização de procedimentos, sendo que o trabalho ou atividades devem ser separadas em partes e cada parte é cronometrada. Machine et. al. (1990) citado por Venâncio et al. (2015), enfatiza o uso de filmagens como técnicas de análise e estudo dos tempos e uso de cronometro decimal, exceto para elementos com duração inferior a 2 segundos, no qual é necessário instrumento mais elaborado.

Conforme Laugeni e Martins (2015), os equipamentos mais utilizados para estudos dos tempos são os cronômetros de hora centesimal, filmadora, folha de observações para anotações e os registros e prancheta para apoio da folha de observações.

Conforme Barnes (1977), o estudo de tempos baseado em cronometragem é muito caro e demorado para medir tempos de ciclos longos, no passado muitas vezes este estudo era ignorado devido não ser satisfatório, hoje as amostragens com a inclusão de filmagens prometem deixar os estudos dos tempos facilmente realizável.

2.2.5 Número de cronometragens

Conforme Peinaldo e Graeml (2007) e Laugeni e Martins (2015), o número de apenas uma cronometragem não é o bastante para se obter o tempo de uma atividade, é necessário que se façam várias tomadas de tempo para se determinar a média aritmética dos tempos, para determinar o número de tomadas de tempo, deve se utilizar a seguinte expressão numérica,

$$N = \left(\frac{Z \times R}{E_r \times d_2 \times \bar{x}}\right)^2$$

Fonte*:* Peinaldo e Graeml (2007, p.98).

Onde:

N = número de ciclos a serem cronometrados

Z = coeficiente de distribuição normal para uma probabilidade determinada (Tabela 1).

R = amplitude de amostra

Er = erro relativo da medida

d_2 = coeficiente em função do número de cronometragens realizadas preliminarmente (Tabela 2).

$\bar{x}$ = média dos valores das observações

Peinaldo e Graeml (2007) ainda complementam que comumente se utiliza o grau de confiabilidade das amostras entre 90% e 95% e erro aceitável relativo podendo variar entre 5% e 10%, a seguir é destacado a interpretação da fórmula:

a. Grau de confiança desejado: quanto maior o grau de confiança, maior o valor de Z (Tabela 1), ou seja, consequentemente maior será o número de amostragens.

Tabela 1 - Coeficiente de distribuição normal

Probabilidade	90%	91%	92%	93%	94%	95%	96%	97%	98%	99%
Z	1,65	1,70	1,75	1,81	1,88	1,96	2,05	2,17	2,33	2,58

Fonte*:* Peinaldo e Graeml (2007, p.98).

b. Dispersão entre os valores individuais da população: quanto maior a amplitude da amostra, maior será o valor de N, sendo amplitude como a subtração do maior valor cronometrado com o menor tempo.
c. Erro tolerável: quanto maior o erro tolerado, menor o tamanho de amostra exigido.
d. Média das observações: quanto maior o valor da média, menor será o tamanho da amostra, em tempos mais longos está relacionado ao grau de precisão.
e. Tamanho da amostra inicial: quanto maior for o tamanho da amostra inicial, maior será a precisão da mensuração (Tabela 2).

Tabela 2 - Coeficiente d_2 para determinar nº de cronometragens

N	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D_2	1,128	1,693	2,059	2,326	2,534	2,704	2,847	2,970	3,078

Fonte*:* Peinaldo e Graeml (2007, p.98).

Laugeni e Martins (2015) descrevem a solução para a expressão utilizada como a diferença entre a cronometragem inicial e o número de cronometragens necessárias, ou seja, para uma operação cronometrada 7 vezes e seu resultado pela formula igual a 10, faltam apenas 3 cronometragens para alcançar o número correto de cronometragens e sua média.

2.2.6 Takt-time

A partir dos conceitos da administração científica, surgindo a necessidade de padronização do trabalho, principalmente no setor automotivo, as atividades se fragmentaram, o trabalho se tornou altamente especializado e os custos e tempos foram reduzidos. A partir de novas propostas de gestão, entre elas o Sistema Toyota de Produção, onde o elemento principal é a sincronização de atividades baseadas no *takt time*. O *takt time* é contextualizado como o tempo sendo um recurso que sincroniza toda a cadeia produtiva, e não apenas a produção interna de forma isolada, como no tempo de ciclo (TÁLAMO, 2016).

Tálamo (2016) define o conceito para o *takt time* como o mesmo para o tempo de ciclo, contudo o tempo de ciclo é o limitante do *takt time*, ou seja, caso o tempo de *takt time* for maior que o tempo de ciclo de uma linha de montagem, prevalecerá o tempo cálculo do *takt time*, porém caso for contrário, o *takt time* for menor que o tempo de ciclo presente no posto de trabalho, prevalecerá o tempo de ciclo, neste caso será necessário identificar os gargalos que aumentam o tempo de ciclo e avaliar mudanças dentro do processo, para atingir o *takt time* desejado.

Conforme complementa Tálamo (2016), empresas baseadas em seu sistema produtivo através de definição de *takt time*, levam elas a ter pouca flexibilização em relação a alterações na demanda, devido a inércia que impõe a fábrica, sendo o ideal que exista uma demanda homogênea, tanto em termos de produto quanto ao ciclo produtivo, por isso a empresa deve ter uma relação estreita entre a área de planejamento e controle de produção (PCP) e a área comercial.

Rother e Shook (1999) citado por Quitério (2010) descreve a partir de uma série de passos para produção que o *takt time* é o ritmo que a produção deve tomar para que o demanda do cliente ou posto futuro seja atendido, sendo que seu cálculo para definição de tempo é feito a partir da divisão do tempo disponível pela demanda do cliente.

O tempo de ciclo e *takt time* são utilizados e interpretados muitas vezes de forma equivocada por alguns autores, de acordo com Monden (1984), o tempo de ciclo é definido como a produção de uma unidade de um determinado produto ou tarefa naquele tempo, sendo a razão entre o tempo efetivo de operação e a quantidade diária de produção, por outro lado Ohno (1996) define o tempo diário de operação pelo número de peças demandadas por dia como *takt time*. Conforme os autores citam em seu trabalho, Mondem (1984) se equivoca ao

enunciar o tempo ciclo correspondente ao conceito *takt time* (ALVAREZ; ANTUNES JUNIOR, 2001).

Conforme Kamada (2007) citado por Gomes et al. (2008), a estabilidade da produção ocorre quando se produz de acordo com o planejado, definido pelo *takt time* quais os recursos necessários relacionado a mão de obra, equipamentos, máquinas, para se produzir com a maior qualidade possível e menor desperdício. Na linha de montagem os tempos são mais flexíveis quanto a alterações, predominando os tempos manuais, no balanceamento de linha os gargalos e esperas são excluídos e proporciona rodízios de funções dessa forma evitando doenças no trabalho.

2.2.6.1 Balanceamento de linhas de montagem

De acordo com Tubino (2009), o balanceamento de linhas tem por finalidade fazer com que os centros de trabalho encarregados pela montagem dos componentes do produto acabado, tenham ritmos iguais para atender a demanda do plano mestre de produção a partir da definição dos tempos de ciclo.

No layout por produto as estações de trabalho são sequenciadas, com isto os produtos ganham forma de acordo com a movimentação pelas estações no qual cada uma das estações é responsável por uma parcela de atividade, sendo considerada a melhor configuração para produção repetitiva e contínua (GERHARDT; FOGLIATTO; CORTIMIGLIA, 2007).

Conforme destaca Erel e Sarin (1998) o balanceamento de linha é dado pelo número de tarefas com tempos respectivos diferentes de realização, no qual as existem relações de precedência entre elas, com isto o problema consiste em alocar as atividades em uma sequência de operações de forma que atenda as relações de precedência e a capacidade de linha. Bock et al. (2006) complementa que existem outros distúrbios como a falta de operadores, interrupções não programadas e falta de material durante o processo (GERHARDT; FOGLIATTO; CORTIMIGLIA, 2007).

O processo de balanceamento de linha evidencia o seu gargalo que é o recurso cuja capacidade é menor ou igual a demanda colocada naquele centro de trabalho, com isto uma linha de produção desbalanceada sobrecarrega um posto em relação a outro, o que também aumenta a ociosidade no processo (WAGMANN; ARAÚJO, 2014).

É definidor por Slack et. al. (2013) o balanceamento do processo como a tentativa de alocar as atividades em cada etapa durante o processo de montagem, deixando o processo mais

similar possível, sendo que quanto mais equalizado os tempos, menos será perdido, porém garante que na prática é impossível realizar um equilíbrio perfeito, havendo sempre um grau de desbalanceamento. A perda de balanceamento é definida como o tempo investido no processamento do produto e que não é usado produtivamente.

2.3 MEDIDAS DE DISPERSÃO

De acordo com Sharpe, Veaux e Velleman (2011), quanto mais os dados variam, menos informação uma informação da medida de centro pode nos dar, com isto é necessário conhecer a dispersão dos dados.

2.3.1 Amplitude

Conforme Doane e Seward (2014), encontrado nos valores da maior e menor observação de dados. Existindo apenas um valor para o os extremos dos dados. Sharpe, Veaux e Velleman (2011) complementam que a amplitude de dispersão é o intervalo, definido como a diferença entre o maior valor e menor valor encontrado.

$$Amplitude = x_{max} - x_{min}$$

Fonte*:* Doane e Seward, (2014, p. 129).

Mcclave, Benson e Sincich (2009), salientam que o cálculo para definição e entendimento da amplitude é bastante simples, mas não é considerada uma medida muito apropriada para definição de variação, isto porque os valores podem ter amplitudes iguais, porém as variações entre os dados podem ser diferentes.

2.3.2 Média

De acordo com Doane e Seward (2014) a média é o cálculo mais conhecido e utilizado, é a soma dos valores divido pelo número de itens, existindo duas formas para cálculo, uma definida para uma determinada população

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^{N} x_i}{N}$$

Fonte: Doane e Seward, (2014, p. 114).

Outra formula para cálculo da média a partir de uma amostra, conforme a seguir,

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

Fonte: Doane e Seward, (2014, p. 114).

2.3.3 Desvio Padrão

O desvio padrão de uma amostra determina um valor resultante em que não pode ser negativo pois os valores em torno da média são elevados ao quadrado, ou seja, se todos os valores da média forem exatamente iguais, então o desvio padrão também deverá ser igual a zero, desta forma não existindo variação em relação a população. Somente poderá ser cálculo quando existirem dados medidos na mesma unidade de medida (DOANE; SEWARD, 2014). Sharpe, Veaux e Velleman (2011) acrescentam que o desvio padrão é uma ferramenta poderosa e utilizado com maior frequência para identificar a distância que os valores em relação à média. A seguir é definido a formula para o desvio padrão de uma amostra da população,

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x_1 - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Fonte: Doane e Seward, (2014, p. 128).

O desvio padrão nos ajuda entender qual a variância dos valores individuais ao redor do valor médio, a seguir é definido a formula para o desvio padrão da população,

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(x_i - \mu)^2}{N}}$$

Fonte*:* Doane e Seward, (2014, p. 128).

2.3.4 Variação

Conforme descreve Alves (2003) citado por Cruz (2008), qualquer processo está sujeito a uma variabilidade inevitável, com isso, podemos dizer que é chamado de variabilidade o resultado de alterações nas condições sob as quais as observações são tomadas, cada uma das variações nos processos a seguir contribui para um certo grau na variabilidade, com isso podem ocorrer devido as condições dos equipamentos, métodos de trabalho, condições do ambiente, matérias primas e o fator humano. Ainda Werkema (2006), complementa que quando as causas das variações são comuns é inerente ao processo, ou seja, o mesmo estará presente independentemente se os métodos são padronizados, porém quando uma causa especial de variação surge devido a uma situação particular, fazendo com que o processo se comporte de anormal, isto pode resultar no deslocamento do nível de qualidade.

A seguir é definido a fórmula para cálculo da variância populacional, sendo definido como a soma dos quadrados dos desvios em relação à média dívida pelo tamanho da população,

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N}(x_i - \mu)^2}{N}$$

Fonte*:* Doane e Seward, (2014, p. 128).

Já o coeficiente de variação (CV), analisa a dispersão a partir do desvio padrão em relação à média, utilizado para medir a variação de conjunto de dados com medidas diferentes,

ou médias muito diferentes, a seguir é demonstrado a fórmula para o coeficiente de variação, de acordo com Doane e Seward (2014),

$$100 \times \frac{s}{\bar{x}}$$

Fonte*:* Doane e Seward, (2014, p. 128).

Sendo útil para comparações, a dispersão compara o grau de concentração em torno da média, de acordo com Datalyzer International Inc. (2009) a variação pode ser classificada conforme a seguir:

- Menor ou igual a 15%: baixa dispersão (homogênea, estável).
- Entre 15% e 30%: média dispersão.
- Maior que 30%: alta dispersão (heterogênea).

2.4 TECNOLOGIA DE PROCESSO

De acordo com Slack et. al. (1999) citado por citado por Andreoli e Ahlfeldt (2014), conforme as empresas foram crescendo e se desenvolvendo a tecnologia também foi incorporando os processos operacionais e na sociedade como um todo, desta forma qualquer máquina, artefato ou equipamento que contribua na transformação dos *inputs* ou *outputs* é considerado como tecnologia de processo. A tecnologia auxilia na redução de custos, agrega valor aos processos e auxilia no aumento da produtividade, quanto mais a empresa requerer aumento de produção maior será a necessidade de investimentos em processamentos computadorizado.

Durante o processamento de materiais, pode utilizar diversos tipos de tecnologias, podemos citar as aplicações na transformação de plásticos, tecidos, metais entre outros, no processo de conformação, moldes, *laser* para corte de materiais. As formas de controle é o geralmente distingue uma tecnologia de outra, sendo as principais as maquinas de controle e comandos computadorizados (ANDREOLI; AHLFELDT, 2014).

A tecnologia impacta muitas vezes até mesmo na forma que os trabalhadores desempenham suas atividades, em qualquer alteração nos equipamentos podem haver impactos na forma de realizar as atividades, promovendo mudanças em trabalhos realizados em conjunto, dessa forma é necessário conhecer e avaliar os efeitos que poderão ser trazidos (GONÇALVES, 2000, citado por ANDREOLI; AHLFELDT, 2014).

Slack et. al. (1999) citado por citado por Andreoli e Ahlfeldt (2014) ainda complementam que as tecnologias podem ser avaliadas em três dimensões:

- Nível de automação: o quanto a tecnologia pode substituir o trabalho humano.
- Grau de integração da tecnologia: interação de diferentes tecnologias ou atividades.
- Escala da tecnologia: grande ou pequena quantidade de produção.

A informação é descrita por Freitas e Lesca (1992) citado por Teófilo e Freitas (2007), como sendo o processo que a empresa se informa sobre ela mesma e seu ambiente, ou seja, as empresas se relacionam com o ambiente através do fluxo de informações para após ser gerada e transformada em conhecimento. Com isto, os sistemas informatizados são elementos fundamentais nas organizações no atual cenário de competitividade global.

De acordo com Chiavenato (2014), após a Revolução Industrial a tecnologia influenciou significativamente o modo de funcionamento das organizações, permitindo impulsionar o desenvolvimento no mercado mundial. Ele ainda salienta que sem o computador não seria possível administrar grandes organizações, com os processos, diversidade de produtos e pessoas envolvidas hoje existentes.

Atualmente o esforço muscular do homem foi transferido para as maquinas, através da automação e tarefas realizadas pelo computador, a segunda Revolução Industrial como está sendo chamada, será a substituição do cérebro humano por programas informatizados controlados por computadores, os principais resultados através da informática na administração estão relacionados a automação de processos, tecnologia interna, sistemas de informação, integração do negócio e o *e-business* (CHIAVENATO, 2014).

Donnelly and Sons Co., desenvolveram um equipamento na década de 1950, denominado de WETARFAC, com o objetivo de medir tempos longos baseando-se em perfurações em uma fita de papel, que após concluído o tempo de ciclo, os dados são enviados ao um departamento de tabulação dos dados, podendo se extrair informações como a média do elemento estudado, o desvio-padrão, o erro padrão da média, e o coeficiente de variação, ou seja, pode se usar as informações para métodos estatísticos. A automedida criada por engenheiros da Donnelley acreditam que o levantamento de dados e registros dos tempos devam ser todos automatizados, o termo é definido como o objetivo de medir a produtividade através da estatística (BARNES, 1977).

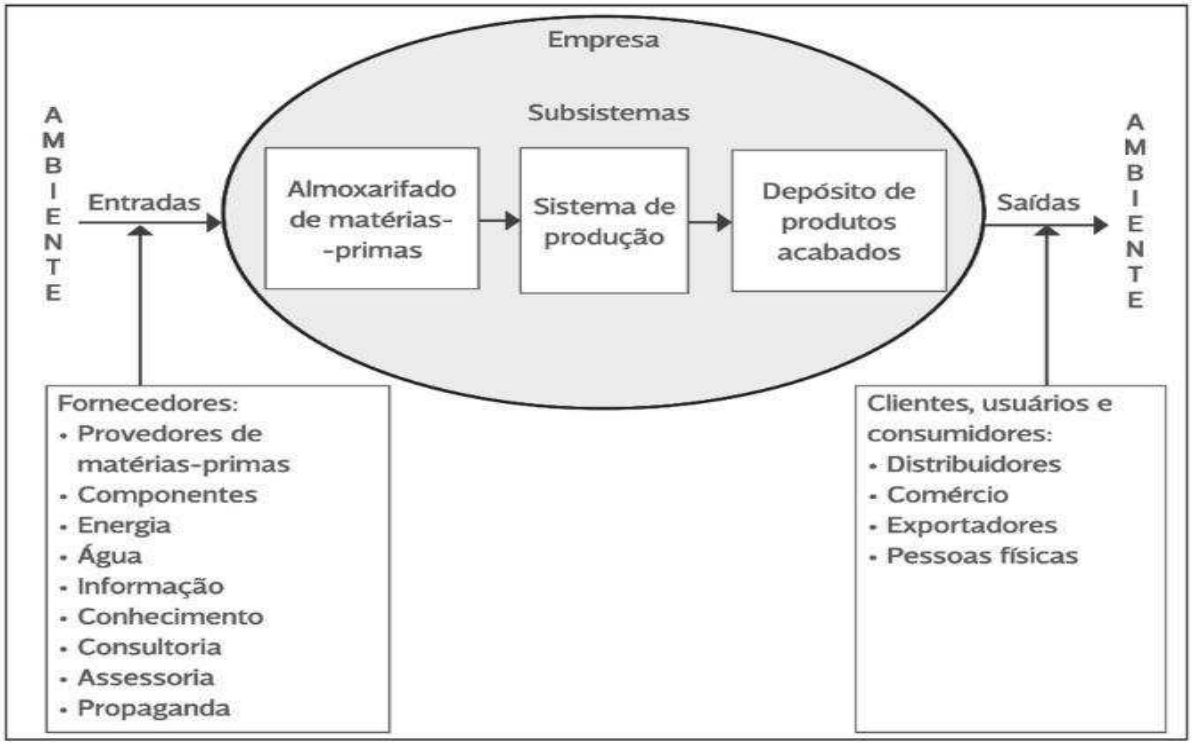
Conforme Favaretto (2002) existem três formas para extrair informações sobre os apontamentos de produção: manual, com coletores de dados e coleta automática. A coleta manual é feita através de formulários escritos, impressos ou planilhas. A coleta de dados através

de coletores de dados, equipados com computador, leitores de código de barras, teclados, que eliminam a necessidade de escrever manualmente e diminui os erros operacionais. Já na coleta automática, existem equipamentos como sensores e atuadores instalados nos recursos produtivos, eliminando a necessidade de o operador informar ao sistema de informação.

2.5 SISTEMAS DE PRODUÇÃO

O sistema de produção é a forma pela qual a empresa organiza suas operações, adotando uma forma lógica de interligar todos os departamentos produtivos (Figura 3), desde a chegada do material até o momento de finalização do produto ou serviço, sendo que o tipo de sistema é escolhido de empresa para empresa para realização de suas operações e produção de seus produtos, para que se garanta a maior eficiência possível (CHIAVENATO, 2014).

Figura 3 - Interdependências entre subsistemas do sistema de produção



Fonte: Chiavenato (2014, p. 23).

Conforme Chiavenato (2014), existe basicamente três formas de produção: sob encomenda, em lotes e contínuo ou em massa. Cada um com suas peculiaridades de arranjo físico, ou seja, necessidade de equipamentos e alocação dentro do chão de fábrica, pessoas e

instalações da melhor forma possível adequando a cada sistema produtivo garantindo eficácia e maior rendimento possível da produção (Quadro1). A produção sob encomenda é baseada em forma de pedido, e inicia a produção somente após a formalização de um contrato, após isso, a empresa poderá elaborar o plano de produção baseado com a especificação do contrato ou pedido, caracterizado por ser pouco padronizado. O sistema de produção em lote é caracterizado pela produção até uma certa quantidade de produto ou serviço, dimensionando se para atender uma determinada demanda de pedidos previsto em um período de tempo. Já no sistema de produção contínua é caracterizado pela produção de um produto sem interrupções e por um longo período sem modificações nos processos e produto.

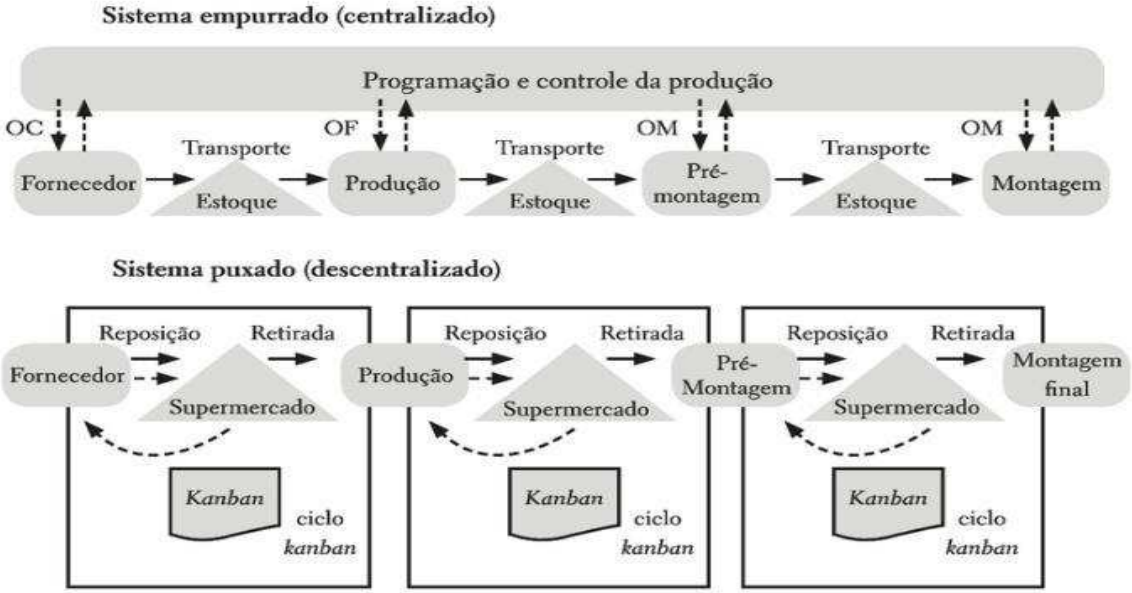
Quadro 1 - Matriz de eficácia dos sistemas produtivos

Demanda	Sistemas de Produção		
	Em Massa	Repetitivo em Lotes	Sob Encomenda
Grande Volume Baixa Variedade	Eficaz	Custos Variáveis Altos	Custos Variáveis Altos
Médio Volume Média Variedade	Custos Fixos/ Estoques Altos	Eficaz	Custos Variáveis Altos
Pequeno Volume Grande Variedade	Custos Fixos/ Estoques Altos	Custos Fixos/ Estoques Altos	Eficaz

Fonte: TUBINO (2015, p. 8).

Conforme Tubino (2009), existem duas formas de programação: programação empurrada e programação puxada (Figura 4). A decisão de qual forma utilizar passa pela análise de duas partes fundamentais, uma é a característica de demanda e seus produtos a serem produzidos e a outra é o tipo de sistema produtivo montado para cumprir com esta demanda.

Figura 4 - Comparação Sistema Empurrado e Sistema Puxado



Fonte: Albertin e Pontes (2016, p. 61).

2.5.1 Sistema de Produção Puxada

O sistema de produção puxada normalmente é operacionalizado por meio do Kanban. Os dispositivos utilizados no sistema, tem seu nome relacionado a dinâmica utilizada, onde Kanban significa cartão, ou sinalização visual, constando informações básicas e indispensáveis para movimentação ou produção do componente ou produto, tendo como a função de trocar a emissão de ordens de produção, de montagem, de compra ou de movimentação, utilizada na produção empurrada, havendo uma relação entre cliente e fornecedor, que pode ser interno ou externo (TUBINO, 2009).

Conforme Antunes (2008), o sistema de produção puxada foi baseado em um supermercado, onde conforme os itens eram retirados das prateleiras, os funcionários realimentavam, sendo que em 1953 a Toyota iniciou a implantação do sistema Kanban, no qual somente foi completado em 1962. Após o esforço de quase 10 anos para a implantação interna, o processo começou a dar andamento com o fornecimento externo e após 20 anos, as empresas fornecedoras foram assimilando e praticando ao longo do tempo as entregas *Just in Time* para a Toyota com o novo sistema. Uma das regras básicas do sistema consiste que o processo subsequente deve retirar do processo que antecede as peças e materiais necessários e nas quantidades necessárias, colocando em prática a noção de “puxar a produção”. Além disto, pode ser citado outras regras ou funções que completam o sistema.

- O processo precedente produz itens na quantidade e na sequencia indicada pelo Kanban;
- Impedir a superprodução e os transportes excessivos;
- O Kanban deve funcionar como uma ordem de fabricação constando informações básicas para produção;
- Produtos com defeito não devem ser enviados ao processo seguinte;
- O número de Kanban deve ser reduzido afim verificar de forma imediata os problemas existentes, visto que o elevado estoque acoberta problemas na produção.

O objetivo do sistema é gerir a produção e os materiais, simplificando os sistemas tradicionais de controle, como as ordens de produção, montagem e compras, interligando os recursos produtivos de uma empresa. No sistema Toyota de produção a função principal é impedir as perdas pela superprodução, devido a necessidade da montagem requerer as peças necessárias, no momento, na qualidade e quantidade para o processo seguinte possa dar andamento a produção (ANTUNES, 2008).

O sistema de produção tradicional conhecida como "empurrada" difere do STP (Sistema Toyota de Produção), reconhecida como produção "puxada", no sistema tradicional a programação é feita através da emissão de Ordens de Compra, Ordens de Fabricação e Ordens de Montagem (ALBERTIN; PONTES, 2016).

2.5.2 Sistema de Produção Empurrada

Conforme Tubino (2009), a produção é conceituada como empurrada porque cada posto de trabalho receberá um conjunto de ordens sequenciadas, ou seja, o material necessário para produzir, e assim que concluir, estará autorizado a encaminhar o produto para posto seguinte, empurrando o processo seguinte, independente se o processo subsequente já havia concluído a tarefa que estava sendo executada.

O sistema de produção empurrado é caracterizado com o modelo de MRP (*Manufacturing Resource Planning*) que emite ordens de produção e de compras de acordo com a lista mestre de produção, lista técnica de com os componentes dos produtos e níveis de estoque, partindo da lógica de programação para trás e seus respectivo *lead times* ou somatório dos tempos de operações, as ordens são liberadas para início dos processos de produção (HOPP; SPEARMAN, 2000 citado por MESQUITA; CASTRO, 2008).

De acordo com Corrêa e Gianesi (2007) citado por Quitério (2010), o MRP é utilizado por muitas empresas e também utilizam os princípios Just in Time, devido a necessidade de simplificar a administração, ou seja, acabam gerindo menos ordens de produção e um controle menor de transações.

O sistema de produção *Manufacturing Resource Planning* (MRP), é utilizado para o planejamento e controle da produção do tipo "empurrado", avaliando cenários predeterminados através de uma demanda conhecida já cadastrada, especificando datas de compra e entrega, disposição da matéria prima e dos recursos transformadores para realização das atividades, gerando em seu horizonte preestabelecido, cenários produtivos no qual pode se verificar a quantidade a ser produzida, o tempo no qual a matéria prima deve ser comprada e armazenada, definição de quando os itens devem ser produzidos ou montados e também sua quantidade afim de atender o pedido de acordo com o *takt time* de produção, também pode ser analisado a capacidade produtiva, tamanhos de lotes e sequência de operações (CARVALHO; SILVA FILHO; FERNANDES, 1998).

Conforme Lélis (2012), o MRP é um sistema computadorizado criado para gerenciar os estoques e tomada de ações pelos planejadores para seguir a programação, fazer novas compras de matéria prima, ajustar as quantidades e pedidos na produção, suas entradas (*inputs*) são organizadas em uma lista de materiais (BOM), no plano de mestre de produção (PMP), e registros de estoque. A BOM ou lista de materiais é aonde ficam registrados os componentes de um determinado produto, relacionando a origem do componente, quantidades empregadas e processos necessários para criação do produto acabado. O plano mestre de produção detalha os produtos finais que serão fabricados em um determinado período. O registro de estoque tem por finalidade manter os níveis de estoques atualizados e reposição de componentes, através das liberações de pedidos, recebimentos e retiradas do estoque, cancelamento de pedidos de venda, correção de erros de estoque, entre outros.

As decisões do controle e planejamento da produção empurrada são centralizadas e após encaminhadas os resultados para os centros de trabalho que devem desempenhar as tarefas ordenadas, suprindo a demanda da estação de trabalho seguinte, desta forma os níveis de estoque geralmente são maiores neste modelo de produção comparada ao puxado (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2015).

2.5.2.1 Ordens de Produção

De acordo com Chiavenato (2008), a emissão de ordens de produção é feita através de técnicas de programação tendo como principal objetivo informar as decisões sobre o quê, como, quando, quanto e onde produzir os componentes para produção de um determinado produto, afim de coordenar de maneira integrada todos os setores como um sistema. Cada empresa possui seu próprio sistema de emissão de ordens, existindo configurações de acordo com a necessidade produtiva. Toda ordem deve ser escrita, padronizada e se possível impressa com a data e rubricada por pessoa autorizada. Existem diversos tipos de ordens, entre elas, a ordem de produção (OP), ordem de montagem (OM), ordem de compra (OC), ordem de serviço (OS), requisições de materiais (RM). De forma prática a ordem serve para informar cada unidade ou departamento o que deve ser feito, dentro de um fluxo padronizado, sendo que para a produção as duas formas utilizadas são a ordem de produção (OP) e montagem (OM).

Conforme Tubino (2000) citado por Favaretto (2002), através do controle de produção é possível coletar informações e dados para identificar o que está acontecendo com o processo produtivo, através de históricos das atividades produtivas, sendo que, se nenhum benefício for retirado desde banco de dados a atividade deve ser revista e eliminada. Um dos controles mais utilizados são as atividades de verificação dos horários, datas e quantidade produzidas no processo produtivo, geralmente a coleta realizada no término da atividade, salvo casos onde a coleta é feita automaticamente, os dados precisam ser anotados.

2.5.2.2 Gargalos de Produção

Também chamada de Teoria das Restrições pelos estudiosos Goldratt e Fox no final da década de 1970, o conceito de gargalo é definido como alguma restrição do sistema produtivo em que ele é determinante dentro da capacidade de produção, não adiantando programar um recurso que não seja gargalo, pois isto somente estará gerando estoques e despesas operacionais (TUBINO, 2009).

Seguindo o conceito de Goldratt e Cox (2002), gargalo é definido quando a capacidade é igual ou menor que a demanda imposta pelo cliente ou mercado, com isto, o gargalo surge quando o mercado requer uma demanda maior que a capacidade de atendimento (BUZZI; RIBEIRO; CARLESSO, 2013).

De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2009) é diagnosticado com frequência setores das indústrias que trabalham abaixo de sua capacidade e por outro lado trabalham acima de sua capacidade máxima, desta forma o local onde se está trabalhando com usa capacidade máxima é o gargalo (BUZZI; RIBEIRO; CARLESSO, 2013).

Buzzi, Ribeiro e Carlesso (2013), descrevem que primeiramente é necessário identificar os gargalos, sendo o mais evidente os recursos físicos, muitas vezes as causas dos gargalos podem ser justificadas pela má distribuição ou tamanho dos lotes.

Conforme Tubino (2009), o tempo de operação maior ou a mais demorada é considerada como o gargalo de produção do centro de trabalho, definindo para o PCP qual o limite da capacidade de produção para o produto, o aumento do tempo padrão da operação que é considerada como gargalo é admitido como aumento de todo o sistema produtivo.

De acordo com Corrêa e Gianesi (1993) citado por Prates (2010) o gargalo pode descrito como o recurso mais lento, ou que representa maior morosidade dentro do fluxo, também necessita possuir uma demanda maior ou igual a sua capacidade para ser considerado gargalo, ou seja, quando um determinado equipamento possui disponibilidade de 200 horas e a demanda requer uma utilização de 200 horas ou mais, este recurso é definido como um gargalo. As restrições são operações que devido a imprevistos podem se tornar gargalos, ou seja, se no mesmo equipamento a demanda for de 150 horas e possuir dificuldade de manter as 200 horas de disponibilidade este recurso possui restrições dentro do processo.

2.5.2.3 Ineficiência produtiva

Os fatores que afetam a eficiência produtiva são de grande interesse para um sistema de produção, pois permite identificar as possíveis paradas devido a manutenção, variações nos tempos de ciclo, problemas de qualidade, e outras interrupções que afetam a produtividade (NAKAJIMA, 1988, citado por MORAES; SANTORO, 2006).

Para Prates (2010) o mapeamento dos processos visa a identificar as ineficiências que quando resolvidas podem trazer aumento de faturamento para uma empresa. É necessário um processo tecnicamente conhecido para existir a possibilidade de implantar indicadores para apoio a tomada de decisões gerenciais, buscando o aumento da capacidade e estratégias de produção.

Corrêa e Corrêa (2005) citado por Oliveira Neto et al. (2009), descreve produtividade como uma medida de eficiência com o uso dos recursos de entrada, com agregação de valor e

transformados em saídas de produtos acabados. Para assegurar competitividade frente a concorrência, é necessário que as organizações convergem esforços na melhoria de índices de desempenho. A eficiência produtiva geralmente se confunde com o conceito de produtividade, na verdade a produtividade é um indicador da eficiência de um sistema produtivo, assim sendo, quanto maior a produtividade, maior a eficiência do sistema produtivo (OLIVEIRA NETO et al., 2009).

A perda por espera é considerada como máquinas e operadores ociosos, as perdas podem ocorrer devido a tempos elevados de preparação, falta de sincronização da produção e falhas não previstas (DEMARTINI; ANJOS, 2011).

2.5.3 Produção Enxuta

Segundo Monden (2015), o sistema Toyota de produção ou produção enxuta foi desenvolvido pela fabricante automotiva Toyota Motor Corporation, sendo que a maioria das companhias japonesas passaram a utilizar o método devido à crise do petróleo de 1973, contendo seu principal objetivo a otimização das atividades diminuindo os desperdícios que não eram vistos. Mesmo com a crise a companhia conseguiu se manter produtiva reduzindo os custos com eliminação do estoque desnecessário e mão de obra, tendo por base os modelos de produção encontrados no sistema Taylor (gestão científica) e Ford (produção em massa).

Os sistemas de produção em massa até o final do ano 1980, era trabalhado com o conceito de que a produtividade estava ligada no balanceamento da linha, com tempos de produção menores, várias subdivisões, mão de obra pouco especializada nas tarefas em linhas com arranjo físico linear. Após a nova experiência aplicada ao sistema Toyota de produção, identificado como manufatura ou produção enxuta e que aumentou muito a produtividade comparada aos sistemas tradicionais, empresas começaram a apostar mais neste tipo de produção. Operadores possuem maior conhecimento das rotinas, exercendo um maior conjunto de atividades, incluindo atividades de controle de produção e qualidade das tarefas (TUBINO, 2009).

Conforme Tubino (2015) o principal objetivo do Sistema Enxuto, é melhorar continuadamente o sistema produtivo, eliminando desperdícios, com eliminação das atividades que não agregam valor ao cliente. Programas de melhoria continua, ou *kaizen*, que é determinado como o princípio de que todos os dias devemos estar melhorando e evoluindo, caso contrário alguém irá copiar ou até mesmo superá-lo, partindo da ideia de que todos os

problemas dentro do sistema produtivo devem ser evidenciados e vistos como uma oportunidade de melhoria, sendo que todos os colaboradores fazem parte, trazendo as melhorias dentro de sua área de atuação, fazem com que o sistema enxuto se torne cada vez mais eficaz.

Para Liker (2005, citado por GONÇALES FILHO et al., 2016), o Sistema Toyota de Produção se sobressai por não trabalhar de forma individual, mais sim com todos os elementos reunidos colocados em prática todos os dias de maneira muito sistemática, ou seja, não isolada. Ele ainda complementa que o sucesso do sistema está ligado com a cultura organizacional que valorizam melhorias contínuas. O sucesso da produção enxuta pode ser divido em quatro seções:

I. Filosofia de longo prazo: levar a sério o sistema e pensar a longo prazo, se tornando empresas de aprendizagem constante.

II. Processos corretos produzirão resultados certos: o fluxo irá melhorar a qualidade a custos menores.

III. Acrescentar valor a empresa: desenvolver os colaboradores e parceiros, visando construir além de produtos, pessoas.

IV. Solução contínua de problemas básicos: identificar os problemas e garantir que não ocorra novamente.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A seguir é apresentado os procedimentos metodológicos que serão utilizados para elaboração da pesquisa, afim de encontrar os resultados para tomada de ações perante ao problema encontrado.

O principal objetivo de uma pesquisa é encontrar respostas para problemas por intermédio dos procedimentos científicos, ou seja, através disto é possível obter novos conhecimentos no campo dentro da realidade social (GIL, 1999).

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

O presente trabalho teve como objetivo identificar de forma exploratória em uma empresa metalúrgica, fabricante de maquinas e implementos agrícolas, mais especificadamente em uma linha de montagem com filosofia enxuta, os postos que possuem gargalos e ineficiências, abordando de forma quantitativa os tempos de operação, que serão cronometrados e os tempos apontados pelas ordens de montagem extraídos do banco de dados sistêmico da empresa, através do estudo de caso realizar comparações com métodos estatísticos afim de diagnosticar os pontos suscetíveis para melhorias.

Segundo Diehl e Tatim (2004), as pesquisas quantitativas buscam seguir padrões de análise, com o propósito de identificar relações entre eles com a interpretação dos dados, através de cálculos de médias, porcentagens, correlações, examinar os dados com base estatística, permitindo desta forma testar hipóteses e comparar resultados.

3.2 VARIÁVEIS DE ESTUDO

O estudo dos tempos de produção é iniciado quando se procura entender eventuais falhas no processo havendo necessidades de melhoria para reduzir, simplificar, prover ou evitar as

variáveis que impedem a produtividade ou qualquer outro fator que reduza a eficiências do processo produtivo (TÁLAMO, 2016).

Os gargalos produtivos são determinantes quanto a capacidade produtiva de um sistema, sendo o maior tempo o fator que restringe o aumento da capacidade, devendo este ser tratado (LAUGENI e MARTINS, 2015).

A eficiência produtiva é de suma importância dentro de uma organização, através de métodos e mapeamento dos processos é possível identificar os fatores que afetam a produtividade, em processos produtivos se faz necessário a utilização de indicadores para apoio a tomada de ações com objetivo de aumentar a capacidade de gerar rentabilidade para a empresa e satisfação dos clientes (PRATES, 2010).

A administração da produção e operações sofreram muitas mudanças ultimamente devido a mudanças tecnológicas, alcance de metas e aumento da produtividade com maior qualidade e eficiência dos recursos, como ferramentas, mão de obra, técnicas de produção com otimização dos tempos produtivos (MARINO, 2006).

3.3 UNIVERSO DE PESQUISA

O universo ou população é um conjunto de elementos que podem ser analisados a partir de variáveis no qual se pretende levantar, podendo ser formada por empresas, famílias, pessoas, ou quaisquer outros elementos de acordo com o objetivo da pesquisa, já a amostra é uma parcela da população (DIEHL; TATIM, 2004).

Conforme destaca Gil (2017), não são pesquisados todos os integrantes de uma população, com isto é definido uma amostra da população que representa o universo pesquisado.

A amostragem não probabilística tem como característica a não aleatoriedade de seleção, ou seja, pode ser feito de forma intencional, com o pesquisador se dirigindo a elementos típicos de uma população, porem apresenta uma maior limitação em relação a generalização do universo pesquisado (DIEHL; TATIM, 2004).

A unidade de análise ou população a ser estudada é uma linha de montagem do produto Hercules 6.0 de uma empresa situada no setor metal mecânico partindo de uma amostra não probabilística de um determinado período do ano. O universo de pesquisa deste estudo é a Stara S/A, fabricante de maquinas e implementos voltados ao segmento agrícola.

3.4 PROCEDIMENTO E TÉCNICA DE COLETA DE DADOS

Conforme Diehl e Tatim (2004), os dados podem ser obtidos através de fontes primárias, ou seja, as informações buscadas são registradas pelo próprio pesquisador em primeira mão, sendo utilizado o levantamento de dados a partir de entrevistas, questionários, formulários e também com dados existentes como arquivos, banco de dados, índices ou relatórios e bibliográfica.

O procedimento para coleta dos dados primários foi buscado no chão de fábrica com a coleta dos tempos cronometrados de cada posto do atravessamento de linha de acordo com a fórmula citada anteriormente para determinação do número correto de cronometragens e o uso do banco de dados da empresa, através do auxílio de equipamentos citados no referencial teórico e relatórios do sistema gerencial para levantamento dos tempos de ciclo dos apontamentos de ordens de montagem.

3.5 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE DADOS

De acordo com Diehl e Tatim (2004), pesquisas de caráter quantitativo geralmente são submetidas a análise estatística, onde as medidas são codificadas e após manipuladas de várias formas, ou seja, este tipo de análise permite comparar resultados, testar hipóteses, permitindo retirar algum sentido para os dados coletados.

O conteúdo analisado se preocupou em identificar os pontos de melhoria dentro de uma linha de produção buscando identificar os gargalos produtivos e pontos de ineficiência, cruzando as informações dos tempos cronometrados e tempos extraídos do sistema gerencial da empresa, elaborando através de cálculos estatísticos apresentados no referencial teórico os resultados, na forma de tabelas e gráficos para melhor entendimento das variáveis estudadas e interpretação dos resultados.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA ESTUDADA

A Stara Industria de Implementos Agrícolas, antiga Stapelbroek, Rauwers & Cia Ltda no qual se originou o nome atual, é localizada com sua sede no município de Não-Me-Toque, no norte do Rio Grande do Sul, e filiais no município de Carazinho/RS e Santa Rosa/RS. Fundada no ano de 1960, têm como sua base familiar a sua administração, atuando no segmento industrial para fabricação de implementos agrícolas de diversas linhas, como pulverizadores de arrasto e auto propelidos, plantadeiras e semeadeiras, distribuidores de fertilizantes, plataformas de milho, tratores, carretas agrícolas, niveladores de solo e também soluções tecnológicas para agricultura de precisão.

No ano de 1953, Johannes Bernardus Stapelbroek e Gerrit Jan Rauwers, criaram a parceria para fundar uma ferraria, chamada de Stapelbroek, Rauwers & Cia Ltda., tendo como sua principal atividade a montagem e manutenção de máquinas e implementos agrícolas importados da Europa, que começava a chegar na região. Com a ideia de alavancar os negócios, foi desfeita a parceria e iniciado a tradição da Stara, criando soluções inovadoras como a primeira capinadeira do Brasil com rodas e dirigível.

Em 1999, através de uma *joint venture* com a empresa Alemã Amazone Werke, a Stara da mais passo, aumentando o seu *mix* de produtos com a produção de pulverizadores de arrasto (Figura 5) e distribuidores de fertilizantes.

Figura 5 - Pulverizador de arrasto (Aliança com a Amazone Werke)

Fonte: Stara (2017).

No início de 2001, iniciou-se a aliança comercial com a empresa Sfil Industrial Agrícola Fortaleza Ltda., conhecida regionalmente pela sua produção de plantadores e semeadoras, fazendo surgir a marca Stara Sfil, durando até o início de 2006, foi quando o controle acionário da empresa foi destinado a terceira e quarta geração da família, no qual ainda é atual, fazendo com que a marca voltasse a ser novamente somente Stara. Neste mesmo ano em negociações com a empresa Amazone a fábrica de pulverizadores e distribuidores, começou a ser controlada pela atual direção, oportunizando a ampliação de mercados nacional e internacional e aumento da matriz industrial.

Em 2009, com investimentos estratégicos a empresa inicia a produção de pulverizadores auto propelidos, sendo como diferencial no mercado os únicos com tecnologia para aplicação já embarcada de fábrica. Um ano após a empresa lança o primeiro auto propelido com barras centrais no mundo (Figura 6), no qual proporciona aos clientes uma maior uniformidade das aplicações, produto no qual foi patenteado em diversos países.

Figura 6 - Pulverizador auto propelido Imperador 3100 (Barras Centrais)

Fonte: Stara (2017).

No ano de 2013 a Stara começa a produção de tratores em uma parceria com o grupo Italiano Argo Tractors, com as marcas Landini e McCormick, oferecendo um pacote completo de produtos a seus clientes.

Devido a necessidade de um maior controle de suas atividades, a empresa inicia em 2015 a implantação do sistema ERP para gestão e processamento de dados da SAP (*System Analysis and Program Development*), empresa alemã, líder de mercado neste segmento, fazendo com que todos os departamentos da empresa se reestruturassem para receber o novo sistema.

A empresa hoje se divide em vários pavilhões dentro do parque industrial, composto por corte, conformação, solda, pintura, montagens, almoxarifado, refeitório, engenharia experimental entre outros (Figura 7), hoje atua em todo o território nacional e internacional, presente nos cinco continentes, totalizando 35 países, com planejamento estratégico agressivo no mercado, a ideia de evoluir constantemente em produtos e pessoas está presente dentro da empresa, com lançamentos pioneiros no mercado agrícola, tentando sempre se antecipar as necessidades dos produtores rurais.

Figura 7 - Visão aérea da empresa

Fonte: Stara (2014).

4.1.1 **Missão e Valores**

A Stara tem como sua missão ser a pioneira em soluções inteligentes no agronegócio, com produtos que possam estar ajudando a minimizar os custos de seus clientes, aumentando a produtividade no agronegócio e diminuindo a degradação do meio ambiente, pretendendo estar até o ano de 2021 entre as 10 maiores marcas do agronegócio no mundo (STARA, 2017).

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA LINHA DE MONTAGEM

A empresa iniciou a produção do produto Hercules 6.0 no início do ano de 2016, considerada como um modelo de produto e inovação no agronegócio, investindo alto na estruturação da linha de montagem (Figura 8), com pontes rolantes para içamento dos componentes de montagem em cada centro de trabalho, computadores equipados com leitores de código de barras para apontamentos das ordens de montagem e também para auxilio dos montadores para consulta de catálogos dos produtos e documentos contendo informações como por exemplo procedimentos de montagem.

Figura 8 - Caracterização da linha

Fonte: Stara S/A (2017).

A linha estudada trabalha na montagem de dois produtos denominados de autopropelidos, o Gladiador 2300 é um pulverizador e o Hercules 6.0 é um distribuidor de fertilizantes sólidos para correção de solo (Figura 9). Para fins do estudo, será considerado somente a produção do produto Hércules 6.0.

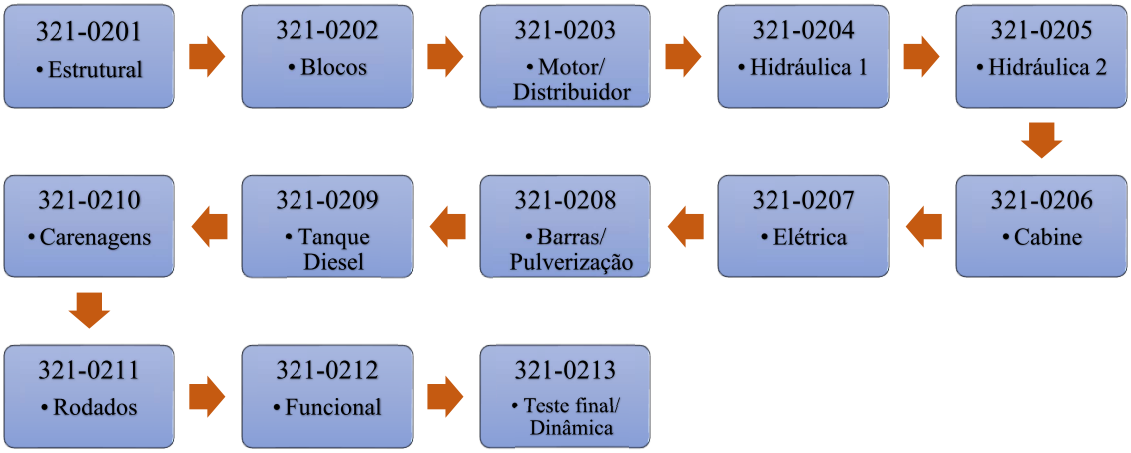
Figura 9 - Hercules 6.0 (Esquerda) e Gladiador 2300 (Direita)

Fonte: Stara S/A (2017).

Composta por vinte e sete centros de trabalho, dentre eles doze postos são exclusivos para produção em linha, um posto para dinâmica e finalização do produto e quatorze postos para pré-montagens dos componentes que serão acoplados na linha. De acordo com a praticidade de montagem e evolução das etapas o produto ganha forma conforme a denominação a seguir das etapas dos postos de trabalho, onde o número caracteriza o centro

produtivo de cada linha de produção, sendo padronizado o número 321 inicial para as linhas de montagens dos autopropelidos (Figura 10).

Figura 10 - Fluxograma da ordem dos postos de montagem



Fonte: Dados primários (2017)

A seguir é apresentado uma síntese da sequência de operações para a montagem dos componentes na linha,

- Posto 321-0201 – acoplamento das passarelas e escada no chassi.
- Posto 321-0202 – acoplamento dos blocos hidráulicos.
- Posto 321-0203 – acoplamento do motor e reservatório de fertilizantes.
- Posto 321-0204 – acoplamento dos reservatórios hidráulicos e mangueiras de baixa pressão.
- Posto 321-0205 – acoplamento das mangueiras hidráulicas de alta pressão.
- Posto 321-0206 – acoplamento da cabine.
- Posto 321-0207 – acoplamento dos cabos e chicotes elétricos.
- Posto 321-0208 – para o produto estudado, este posto de trabalho não possui componentes atribuídos, somente para o pulverizador Gladiador 2300.
- Posto 321-0209 – acoplamento dos tanques de diesel.
- Posto 321-0210 – acoplamentos das carenagens.
- Posto 321-0211 – acoplamento dos rodados.
- Posto 321-0212 – funcional.

- Posto 321-0213 – teste final dinâmico na área de teste.

4.3 IDENTIFICAÇÃO DOS TEMPOS E CRONOMETRAGEM

As coletas dos tempos cronometrados inicialmente foram retiradas do banco de dados do departamento de Métodos e Processos (Tabela 3), aonde foram evidenciadas as primeiras três coletas de tempo no ano de 2016 para estabelecer o número correto de cronometragens necessárias.

Tabela 3 - Banco de dados das cronometragens iniciais

POSTOS	1ª COLETA	2ª COLETA	3ª COLETA
321-0201	3,050	3,253	3,152
321-0202	1,023	1,015	1,041
321-0203	3,352	3,435	3,152
321-0204	2,462	2,590	2,520
321-0205	2,823	2,953	2,796
321-0206	1,534	1,513	1,576
321-0207	3,863	3,715	3,516
321-0208	0,000	0,000	0,000
321-0209	3,352	3,524	3,540
321-0210	2,064	2,046	2,076
321-0211	3,465	3,561	3,527
321-0212	3,943	4,152	4,465
321-0213	6,739	5,569	6,568

Fonte: Dados primários (2017).

Para facilitar os cálculos das horas encontradas na coleta dos tempos de operação cronometrada, os tempos foram ajustados para horas centesimais de acordo com a fórmula a seguir, descrito por Braga (2015),

$$Hora\ centesimal = Minuto \div 60$$

Baseado nos números apresentados na Tabela 3, o cálculo do número exato de cronometragens para representar o tempo operacional de cada posto é descrito através da formula a seguir,

$$N = \left(\frac{Z \times R}{E_r \times d_2 \times \bar{x}}\right)^2$$

De acordo com a Tabela 4, foram calculados a média populacional indicado na coluna Média representado pelo símbolo $\bar{x}$, a amplitude dos valores encontrados na coluna R e o coeficiente Z constitui a confiabilidade desejada expressa anteriormente na tabela 1, neste estudo utilizado 90%, já a coluna D_2 expressa o coeficiente para o número de cronometragens iniciais, no caso 3 cronometragens, conforme valores exibidos na tabela 2. Na coluna Er (5%), demonstra o erro máximo permitido. Os resultados encontrados estão descritos na coluna N.

Tabela 4 - Definição do número de cronometragens

POSTOS	1ª COLETA	2ª COLETA	3ª COLETA	$\bar{x}$	R	Z	D2	Er (5%)	N
321-0201	3,050	3,253	3,152	3,152	0,203	1,650	1,693	0,05	5
321-0202	1,023	1,015	1,041	1,026	0,026	1,650	1,693	0,05	6
321-0203	3,352	3,435	3,152	3,313	0,283	1,650	1,693	0,05	6
321-0204	2,462	2,590	2,520	2,524	0,128	1,650	1,693	0,05	5
321-0205	2,823	2,953	2,796	2,857	0,157	1,650	1,693	0,05	4
321-0206	1,534	1,513	1,576	1,541	0,063	1,650	1,693	0,05	6
321-0207	3,863	3,715	3,516	3,698	0,347	1,650	1,693	0,05	6
321-0208	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0
321-0209	3,352	3,524	3,540	3,472	0,188	1,650	1,693	0,05	4
321-0210	2,064	2,046	2,076	2,062	0,030	1,650	1,693	0,05	2
321-0211	3,465	3,561	3,527	3,518	0,096	1,650	1,693	0,05	2
321-0212	3,943	4,152	4,465	4,187	0,522	1,650	1,693	0,05	7
321-0213	6,739	5,569	6,568	6,292	1,170	1,650	1,693	0,05	7

Fonte: Dados primários (2017).

A partir da base apresentada por Laugeni e Martins (2015) para a solução da fórmula do número de cronometragens necessárias, somente os resultados acima do número de cronometragens iniciais são necessários para realizar novas cronometragens de acordo com o número encontrado, neste estudo somente resultados acima de 3 cronometragens, com isto os postos 321-0210 e 321-0211 não tiveram necessidade de novas cronometragens, pois o número inicial de cronometragens já é satisfatório. Como no posto 321-0208 como não existe atribuição de componentes, não houve necessidade de análise. Para os postos 321-0205 e 321-0209 se buscou a cronometragem de mais uma amostra, os postos 321-0201 e 321-0204 existiu a necessidade de cronometrar mais duas amostras, nos postos 321-0202, 321-0203, 321-0206 e 321-0207 necessitou a cronometragem de mais três valores e os postos 321-0212 e 321-0213 houveram a necessidade de cronometrar mais quatro amostras além das três anteriormente já fornecidas.

Os novos valores cronometrados foram coletados na terceira semana de setembro deste ano, partindo dos postos onde a necessidade dos números de cronometragens foram maiores,

ou seja, os postos 321-0213, 321-0212, 321-0207, 321-0206, 321-0203, 321-0202, 321-0204, 321-0201, 321-0209 e 321-0205 nesta ordem decrescente.

Para demonstrar os resultados das novas cronometragens, na Tabela 5 está descrito os valores anteriormente informados na Tabela 3 e os novos valores coletados demonstrados nas próximas colunas. Na coluna MÉDIA é demonstrado o resultado encontrado de cada posto através do cálculo da média populacional, ou seja, o tempo médio de operação de cada posto da linha.

Tabela 5 - Resultado das cronometragens

POSTOS	1ª COLETA	2ª COLETA	3ª COLETA	4ª COLETA	5ª COLETA	6ª COLETA	7ª COLETA	MÉDIA
321-0201	3,050	3,253	3,152	3,379	3,563	-	-	3,279
321-0202	1,023	1,015	1,041	1,064	1,234	1,160	-	1,090
321-0203	3,352	3,435	3,152	3,274	3,164	3,140	-	3,253
321-0204	2,462	2,590	2,520	2,463	2,946	-	-	2,596
321-0205	2,823	2,953	2,796	2,856	-	-	-	2,857
321-0206	1,534	1,513	1,576	1,463	1,598	1,710	-	1,566
321-0207	3,863	3,715	3,516	3,791	3,954	3,930	-	3,795
321-0208	0,000	0,000	0,000	-	-	-	-	0,000
321-0209	3,352	3,524	3,540	3,370	-	-	-	3,447
321-0210	2,064	2,046	2,076	-	-	-	-	2,062
321-0211	3,465	3,561	3,527	-	-	-	-	3,518
321-0212	3,943	4,152	4,465	4,654	4,135	4,352	4,234	4,276
321-0213	6,739	5,569	6,568	6,246	5,893	5,792	6,241	6,150

Fonte: Dados primários (2017).

Para identificar os tempos de operação dos lançamentos de ordens, buscou se o banco de dados do sistema de gerenciamento de chão de fábrica WSQOLEAN Sequor que a empresa utiliza, obtendo os tempos de ciclos que são coletados pelos computadores presentes na linha de montagem, controlados pelos próprios montadores, no qual todas as interrupções das ordens de montagem são informadas ao sistema, desta forma pode se levantar as informações de início de montagem, fim e também o número de interrupções para uma determinada ordem de montagem, ou seja, o tempo de ciclo conforme demostrado por Peinaldo e Graeml (2007) e Tálamo (2016).

Devido os tempos de ciclos serem contabilizados pelo sistema em formato de segundos, foi realizado a conversão dos valores de segundos para horas centesimais, pela seguinte formula conforme descreve Filipe (2006),

$$Hora\ Centesimal = \frac{segundos}{3600}$$

Os tempos coletados no sistema tiveram início e fim no mês de setembro deste ano, na tabela 6 está evidenciado os tempos no qual a primeira coluna “Tempos” é referente as dez

maquinas que foram extraídos do banco de dados e o restante das colunas os postos da linha de montagem, dessa forma cada linha corresponde a um valor do tempo de ciclo de uma máquina em cada posto de linha. Apresentando também o resultado do tempo médio populacional de cada posto juntamente com a amplitude.

Tabela 6 - Tempos dos lançamentos das ordens de montagem

TEMPOS	321-0201	321-0202	321-0203	321-0204	321-0205	321-0206	321-0207	321-0208	321-0209	321-0210	321-0211	321-0212	321-0213
1	4,952	2,684	3,458	1,479	5,167	2,192	4,268	0,000	3,321	3,002	3,333	4,718	7,041
2	4,904	3,047	3,972	1,418	5,708	2,074	4,015	0,000	3,852	3,636	3,885	4,054	7,042
3	4,211	2,396	3,326	1,500	5,130	2,256	4,474	0,000	3,945	3,713	3,689	4,282	7,043
4	4,169	2,336	4,447	1,429	5,157	2,930	4,256	0,000	3,926	3,776	3,613	4,274	7,048
5	4,884	2,228	3,645	1,364	5,296	2,064	4,518	0,000	3,895	3,482	3,814	4,983	7,041
6	4,176	2,324	3,494	1,330	5,192	2,637	4,053	0,000	3,065	3,942	3,403	4,306	7,042
7	4,568	2,857	3,523	1,615	5,704	2,148	3,803	0,000	3,722	3,136	3,429	4,538	6,043
8	4,959	3,226	3,542	1,618	5,503	2,063	3,872	0,000	3,061	3,037	3,003	4,397	6,477
9	4,011	2,849	3,614	1,374	5,903	2,353	4,759	0,000	3,946	3,493	3,561	4,924	6,353
10	4,053	2,887	3,720	1,934	5,207	2,044	3,493	0,000	3,506	3,154	3,527	4,751	6,472
MÉDIA	**4,490**	**2,683**	**3,674**	**1,506**	**5,397**	**2,276**	**4,151**	**0,000**	**3,624**	**3,437**	**3,526**	**4,523**	**6,760**
AMPLITUDE	**0,948**	**0,998**	**1,121**	**0,603**	**0,773**	**0,886**	**1,266**	**0,000**	**0,885**	**0,940**	**0,882**	**0,929**	**1,006**

Fonte: Dados primários (2017).

Os dados obtidos demonstram que existem amplitudes variadas em cada posto, no qual o posto 321-0207 possui a maior amplitude e o posto 321-0204 possui a menor amplitude, mas isto não apresenta uma medida de variação confiável pois considera somente dois valores para cálculo, destacado anteriormente por Mcclave, Benson e Sincich (2009).

4.4 COMPARAÇÃO DOS TEMPOS DE CICLO

Para comparar os tempos encontrados acima, foi extraído a informação do tempo planejado de *takt time* de operação para a linha junto ao sistema ERP da empresa agregado ao modulo PP (Planejamento e Produção) do SAP, sendo o *takt time* definido para 3,52 horas centesimais, destacado por Ohno (1996) citado por Alvarez e Antunes Junior (2001) o tempo para o *takt time* foi definido conforme a demanda prevista e objetivo de faturamento da empresa.

O conceito de Tálamo (2016) para o tempo de *takt time* citado anteriormente, considera as paradas de tolerância pessoal, fadiga e espera, ou seja, dentro da jornada diária de 8,8 horas, 80% deste tempo é considerado produtivo, os outros 20% já são destinados para as necessidades pessoais e perdas, totalizando então 7,04 horas disponíveis úteis dentro de um dia de trabalho. Com isto, um *takt time* de 3,52 horas por postos de linha é definido uma demanda diária de duas maquinas.

Na tabela 5 a seguir é apresentado os valores médios dos tempos de lançamentos encontrados pelos apontamentos das ordens de montagem e os tempos médios das cronometragens realizadas em comparação ao *takt time* definido nos postos de linha, sendo a diferença encontrada entre a cronometragem e os lançamentos das ordens de montagem.

Tabela 7 - Comparação dos tempos médios

	321-0201	321-0202	321-0203	321-0204	321-0205	321-0206	321-0207	321-0208	321-0209	321-0210	321-0211	321-0212	321-0213
MÉDIA TEMPOS LANÇAMENTOS	4,490	2,683	3,674	1,506	5,397	2,276	4,151	0,000	3,624	3,437	3,526	4,523	6,760
MÉDIA TEMPOS CRONOMETRADOS	3,279	1,090	3,253	2,596	2,857	1,566	3,795	0,000	3,447	2,062	3,518	4,276	6,150
DIFERENÇA	1,211	1,593	0,421	-1,090	2,540	0,710	0,356	0,000	0,177	1,375	0,008	0,247	0,610
***TAKT TIME* LINHA**	**3,520**	**3,520**	**3,520**	**3,520**	**3,520**	**3,520**	**3,520**	**3,520**	**3,520**	**3,520**	**3,520**	**3,520**	**3,520**

Fonte: Dados primários (2017).

Com base nos dados obtidos é possível identificar que existe um único posto 321-0204 com uma diferença negativa, isto devido ao tempo médio cronometrado ser maior que o tempo médio dos lançamentos, para tanto esta diferença deverá ser verificada, pois o restante dos postos os tempos dos lançamentos foram maiores que os tempos cronometrados. Na análise também pode ser observado que o posto 321-0205 possui a maior diferença e que ambos os postos possuem componentes semelhantes, no caso mangueiras hidráulicas, portanto isto deverá ser investigado.

4.5 IDENTIFICAÇÃO DAS VARIAÇÕES

A seguir pode ser evidenciado na tabela 8, as variações encontradas em cada posto de trabalho. Primeiramente para se encontrar os valores foi necessário conhecer o valor médio da população utilizada, no caso, todos os lançamentos que foram levantados no período de tempo mencionado anteriormente na tabela 6. Após pode se conhecer o desvio dos valores encontrados através da formula do desvio padrão da população, juntamente com a variância e o coeficiente de variação (CV) entre os valores coletados dos tempos de ciclos, definido a partir da fórmula citada no referencial teórico, sendo que a análise da tabela se reteve em comparar a variação entre os centros de trabalho.

Uma das variações identificadas é relacionada ao tempo mínimo e máximo dos postos de trabalho apontados pelas ordens de montagens, para classificar a dispersão dos postos se utilizou os critérios citados pela Datalyzer International Inc. (2009), no qual as variações

encontradas na tabela 8 ficaram abaixo de 15%, consequentemente considerado como uma baixa dispersão dos valores, classificando assim os dados como homogêneos.

Tabela 8 - Identificação da variância no tempo dos lançamentos

TEMPOS	321-0201	321-0202	321-0203	321-0204	321-0205	321-0206	321-0207	321-0208	321-0209	321-0210	321-0211	321-0212	321-0213
1	4,952	2,684	3,458	1,479	5,167	2,192	4,268	0,000	3,321	3,002	3,333	4,718	7,041
2	4,904	3,047	3,972	1,418	5,708	2,074	4,015	0,000	3,852	3,636	3,885	4,054	7,042
3	4,211	2,396	3,326	1,500	5,130	2,256	4,474	0,000	3,945	3,713	3,689	4,282	7,043
4	4,169	2,336	4,447	1,429	5,157	2,930	4,256	0,000	3,926	3,776	3,613	4,274	7,048
5	4,884	2,228	3,645	1,364	5,296	2,064	4,518	0,000	3,895	3,482	3,814	4,983	7,041
6	4,176	2,324	3,494	1,330	5,192	2,637	4,053	0,000	3,065	3,942	3,403	4,306	7,042
7	4,568	2,857	3,523	1,615	5,704	2,148	3,803	0,000	3,722	3,136	3,429	4,538	6,043
8	4,959	3,226	3,542	1,618	5,503	2,063	3,872	0,000	3,061	3,037	3,003	4,397	6,477
9	4,011	2,849	3,614	1,374	5,903	2,353	4,759	0,000	3,946	3,493	3,561	4,924	6,353
10	4,053	2,887	3,720	1,934	5,207	2,044	3,493	0,000	3,506	3,154	3,527	4,751	6,472
MÉDIA	**4,489**	**2,683**	**3,674**	**1,506**	**5,397**	**2,276**	**4,151**	**0,000**	**3,624**	**3,437**	**3,526**	**4,523**	**6,760**
AMPLITUDE	**0,948**	**0,998**	**1,121**	**0,603**	**0,773**	**0,886**	**1,266**	**0,000**	**0,885**	**0,940**	**0,882**	**0,929**	**1,006**
DESVIO PADRÃO	**0,383**	**0,326**	**0,306**	**0,170**	**0,270**	**0,278**	**0,360**	**0,000**	**0,342**	**0,318**	**0,241**	**0,294**	**0,364**
VARIÂNCIA	**0,147**	**0,106**	**0,093**	**0,029**	**0,073**	**0,077**	**0,129**	**0,000**	**0,117**	**0,101**	**0,058**	**0,087**	**0,132**
CV	**8,53%**	**12,16%**	**8,32%**	**11,31%**	**5,00%**	**12,22%**	**8,66%**	**0,00%**	**9,43%**	**9,25%**	**6,84%**	**6,51%**	**5,38%**

Fonte: Dados primários (2017).

De acordo com os dados apresentados, pode ser identificado que o posto 321-0207 apresenta a maior amplitude, contudo não apresenta a maior variação e desvio padrão. Já o posto 321-0201 possui o maior desvio padrão da linha, porém não apresenta a maior amplitude, com isto a medida mais confiável para descrever a variação, destacado por Sharpe, Veaux e Velleman (2011) é o desvio padrão, pois a amplitude se aplica a apenas dois valores, sendo o mínimo e máximo, já o desvio padrão relaciona a distância dos valores em relação à média elevada ao quadrado.

Conforme descreve Doane e Seward (2014), quanto maior for a variação dos valores, menor é a confiabilidade dos valores encontrados da amostra ou população no caso. Seguindo os critérios citados, os postos que apresentaram maior variação nos tempos de lançamentos de forma decrescente foram os postos, 321-0206, 321-0202, 321-0204, 321-0209, 321-0210, 321-0207, 321-0201, 321-0203, 321-0211, 321-0212, 321-0213, 321-0205 e o posto 321-0208 que não houve necessidade de análise.

Os dados dos tempos cronometrados não foram analisados a variação, pois a própria formula já elimina a variação dos valores para determinar uma média mais homogênea, de acordo com o grau de confiabilidade escolhido.

A partir da identificação das variações dos apontamentos das ordens, se pode observar que alguns postos estão trabalhando com uma grande amplitude, conforme identificado no posto 321-0207 existe uma variação de 1,266 horas, iniciando em 3,493 horas até 4,759, e isto também precisa ser verificado.

Para caracterizar as variações encontradas nos tempos cronometrados e apontados pelas ordens, na tabela 9 foram utilizadas as fórmulas da média populacional o desvio padrão entre as médias dos tempos e o coeficiente de variação. Para facilitar a compreensão dos valores, a linha denominada "classificação da variação", foi definida a partir dos dados apresentados por Datalyzer International Inc. (2009) onde as dispersões assumem um grau, classificando os dados mais ou menos homogêneos, assim sendo a classificação alta representa uma grande dispersão ou dados heterogêneos e a classificação baixa como dados mais homogêneos ou com menor dispersão.

Tabela 9 - Variação do tempo dos lançamentos X cronometrado

	321-0201	321-0202	321-0203	321-0204	321-0205	321-0206	321-0207	321-0208	321-0209	321-0210	321-0211	321-0212	321-0213
MÉDIA TEMPO LANÇAMENTOS	4,489	2,683	3,674	1,506	5,397	2,276	4,151	0,000	3,624	3,437	3,526	4,523	6,760
MÉDIA TEMPO CRONOMETRADOS	3,279	1,090	3,253	2,596	2,857	1,566	3,795	0,000	3,447	2,062	3,518	4,276	6,150
MÉDIA	3,884	1,887	3,464	2,051	4,127	1,921	3,973	0,000	3,535	2,750	3,522	4,399	6,455
DESVIO PADRÃO	0,605	0,797	0,211	0,545	1,270	0,355	0,178	0,000	0,088	0,688	0,004	0,123	0,305
CV	15,57%	42,23%	6,08%	26,57%	30,77%	18,48%	4,48%	0,00%	2,50%	25,01%	0,11%	2,80%	4,73%
CLASSIFICAÇÃO DISPERSÃO	MÉDIA	ALTA	BAIXA	MÉDIA	ALTA	MÉDIA	BAIXA	-	BAIXA	MÉDIA	BAIXA	BAIXA	BAIXA

Fonte: Dados primários (2017).

Baseado nos dados apresentados na tabela 9, pode ser constatado grandes variações entre os valores cronometrados e os apontamentos das ordens de montagem na maioria dos postos de trabalho. As maiores variações estão concentradas nos postos 321-0202 seguido por 321-0205, classificados com variação maior que 30%, já os postos 321-0204, 321-0209, 321-0206, 321-0201, nesta ordem decrescente, os postos foram classificados com uma média variação, o restante considerado de baixa dispersão ou variação. A partir dos dados obtidos deverá ser verificado os motivos que levam os postos ter dispersões altas e médias, pois as atividades dos centros de trabalhos coletados a partir da cronometragem e lançamentos de ordens de montagem são as mesmas.

4.6 DIAGNÓSTICO DOS POSTOS DE TRABALHO

A partir da tabela 10 a seguir pode ser diagnosticado os postos de trabalho com gargalos e tempos ineficientes, considerando somente os tempos cronometrados pois refletem um levantamento de dados mais preciso visto que o tempo cronometrado teve em seu tempo integral o acompanhamento das atividades dos montadores e o tempo dos lançamentos é gerenciado pelos próprios montadores, sem uma supervisão presente na maioria do tempo trabalhado. Deste

modo, se buscou calcular o desvio padrão do tempo cronometrado em relação à média entre o tempo de *takt time* e o cronometrado, para que assim seja possível calcular a variação entre os valores.

Tabela 10 - *Takt time* X Média tempo cronometrado

	321-0201	321-0202	321-0203	321-0204	321-0205	321-0206	321-0207	321-0208	321-0209	321-0210	321-0211	321-0212	321-0213
TAKT TIME	3,520	3,520	3,520	3,520	3,520	3,520	3,520	3,520	3,520	3,520	3,520	3,520	3,520
MÉDIA TEMPO CRONOMETRADOS	3,279	1,090	3,253	2,596	2,857	1,566	3,795	0,000	3,447	2,062	3,518	4,276	6,150
MÉDIA	3,400	2,305	3,387	3,058	3,189	2,543	3,658	1,760	3,484	2,791	3,519	3,898	4,835
DESVIO PADRÃO	0,121	1,215	0,134	0,462	0,332	0,977	0,138	1,760	0,037	0,729	0,001	0,378	1,315
CV	3,54%	52,71%	3,94%	15,11%	10,40%	38,42%	3,76%	0,00%	1,05%	26,12%	0,03%	9,70%	27,20%
CLASSIFICAÇÃO DISPERSÃO	BAIXA	ALTA	BAIXA	MÉDIA	BAIXA	ALTA	BAIXA	-	BAIXA	MÉDIA	BAIXA	BAIXA	MÉDIA

Fonte: Dados primários (2017).

Seguindo o conceito proposto por Tálamo (2016), os tempos gargalos estão apresentados na tabela 10 nos postos 321-0213, com tempo cronometrado médio de 6,15 horas, ou seja, 3,198 horas acima do *takt time* definido e o posto 321-0212, com 4,276 horas, ou seja, 0,756 horas acima do *takt time* da linha.

Para identificação dos postos com ineficiências, ou seja, com um tempo inferior e que possuem uma maior dispersão em relação ao *takt time* deixando o posto com pouca produtividade e com o tempo de espera muito elevado, definido por Demartini e Anjos (2011) e Gomes (2008), em concordância com Oliveira Neto et al. (2009), os postos 321-0202 e 321-0206 possuem uma alta dispersão, ou seja, o tempo cronometrado encontrado foi ficou abaixo do tempo *takt time*, apresentando uma alta perda de produtividade. Após os postos 321-0210, 321-0204 possuem uma média dispersão e que em um segundo momento também precisam passar por uma reavaliação dos tempos de operação.

Para evidenciar as diferenças nos tempos entre as duas formas de coleta de dados, o Gráfico 1 demonstra os postos que precisam passar por uma avaliação para verificar os motivos das maiores variações encontradas juntamente com a tabela 9 que relaciona os tempos levantados pelas ordens de montagem e o tempo cronometrado, e a tabela 10 que relaciona o tempo de *takt time* com o tempo cronometrado.

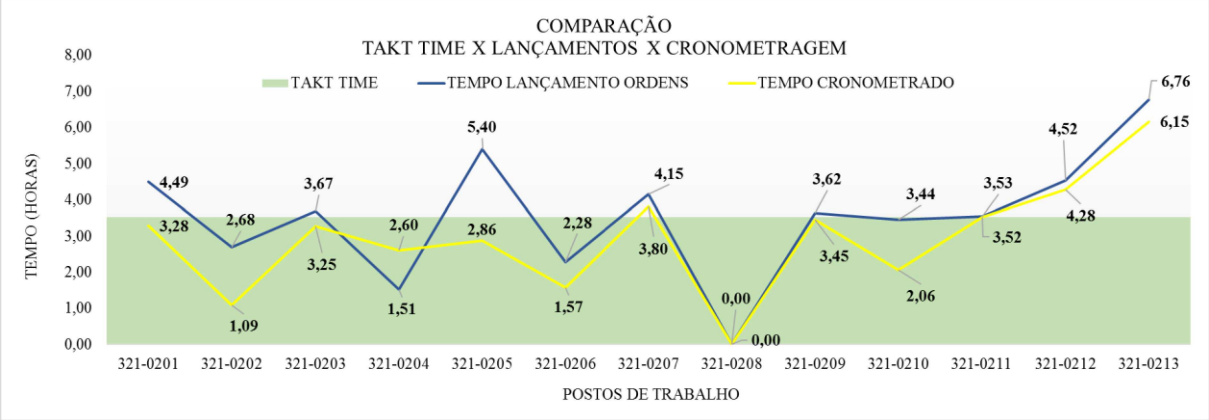


Gráfico 1 - Comparação do tempo médio dos lançamentos e cronometragem com o Takt Time
Fonte: Dados primários (2017).

Quitério (2010) destaca que para se estabelecer o ritmo de takt time necessário para atender a demanda cadastrada para a linha estudada, é necessário rever os tempos de ciclo do postos 321-0212 e 321-0213, pois estão acima do takt time definido, desta forma Tubino (2009) descreve que o tempo de ciclo acima do tempo definido é caracterizado por um gargalo de produção, limitando a produção, e que de acordo com Buzzi, Ribeiro e Carlesso (2013), pode ser caracterizado por uma má distribuição da montagem dos componentes na linha.

Já os tempos ineficientes conforme descrito anteriormente pode ser identificado nos postos 321-0202 e 321-0206, que possuem uma diferença uma variação maior, deixando os postos com de tempo de espera elevado mencionado por Demartini e Anjos (2011). Em relação aos postos com tempos de ciclos inferiores para o *takt time* 3,52 horas o restante dos postos atendem a necessidade do *takt time*, contudo é necessário identificar os motivos que levam o tempo de lançamento de ordens ser maior que o *takt time* e consequentemente o tempo cronometrado, evidenciado nos postos 321-0201, 321-0203, 321-0205, 321-0207 e 321-0209 pois isto pode ser também considerado como um gargalo em tempo que ultrapassem o *takt time*.

Com base nos dados levantados pode se identificar um desbalanceamento da linha a partir teoria apresentada por Tubino (2009) pois a linha estudada possui gargalos e tempos de espera elevados, contudo Slack et. al. (2013) chama a atenção de que é aceitável um grau de desbalanceamento.

4.7 CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

Para melhorar a filosofia enxuta da linha estudada se recomenda rever os tempos de operação dos pontos definidos acima considerados como gargalos e ineficientes, identificando

os métodos de trabalho utilizado na montagem, número de operadores que estão em atividade na linha e atribuições de componentes para os postos, buscando equilibrar os tempos de forma mais homogênea durante o atravessamento do produto na linha, perante a isto Slack et. al. (2013) concorda argumentando em que quanto mais similar os tempos de operação são realizados menor será o tempo ocioso.

Com base nos dados é necessário também verificar junto a gerência de montagem os motivos que levam as diferenças elevadas nos tempos cronometrados e apontados pelas ordens de montagem, devido existir outros postos gargalos conforme os tempos coletados pelos apontamentos das ordens de montagem.

Constatado também que não é empregado nenhum método para determinação do número cronometragens sendo que somente é realizado uma coleta para determinação do tempo padrão de operação, neste sentido Peinaldo e Graeml (2007) e Laugeni e Martins (2015) concordam argumentando que se faz necessário utilizar várias cronometragens para determinar uma média aritmética, Tálamo (2016) ainda complementa que atividades desenvolvidas por pessoas diferentes, possuem tempos diferentes devido à ritmo e aptidão física do montador, portanto se recomenda a utilização de meios tecnológicos, como filmadoras para determinação dos tempos, gerando um maior número de coletas inicias para determinação dos tempos de operação e também a revisão dos tempos com maior frequência.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho proposto em identificar os postos com ineficiências e gargalos partindo da análise dos tempos de ciclo das ordens de montagem e cronoanálise se conclui que é de suma importância a identificação dos tempos produtivos de uma linha de montagem e posteriormente análise para tomada de ações, pois de acordo com Carvalho e Silva Filho e Fernandes (1998) o cálculo de MRP gerencia toda a cadeia de produção com base em tempos produtivos e com isto é necessário tempos corretos para maior aproveitamento das horas disponíveis no dia e principalmente garantindo a entrega do produto acabado na sua data correta.

Pode se verificar também a importância da utilização para determinação do número correto de cronometragens para eliminação de erros e aumento da confiabilidade dos valores encontrados nas coletas realizadas para determinação do tempo de operação juntamente dos cálculos estatísticos para mensurar as dispersões para tomada de ações em melhorias.

O estudo realizado condicionou a empresa a identificar os pontos de ineficiência na produção da linha de montagem estudada bem como os pontos gargalos que limitam a produtividade, comprovando que a cronoanálise, confrontada com os apontamentos das ordens de montagem contém informações importantes para determinação dos postos com gargalos produtivos e tempos ociosos.

Conclui-se que a revisão dos tempos de operação em uma empresa é fundamental para identificar possíveis falhas, para que assim seja possível a aplicação de melhorias dentro dos processos, aumentando a eficiência de uma linha de produção e consequentemente a rentabilidade para a empresa.

A partir dos resultados obtidos se recomenda para os próximos estudos identificar as causas que originam os tempos de ciclos apresentados como gargalos e aumentar a eficiência dos postos com tempos de ciclos abaixo, considerado como tempos ociosos.

REFERÊNCIAS

ALBERTIN, Marcos Ronaldo; PONTES, Heráclito Lopes Jaguaribe. **Administração da Produção e operações.** Curitiba: Intersaberes, 2016.

ALBERTIN, Marcos Ronaldo; PONTES, Heráclito Lopes Jaguaribe. **Gestão de Processos e Técnicas de Produção Enxuta.** Curitiba: Intersaberes, 2016.

ALVAREZ, Roberto dos Reis; ANTUNES JUNIOR, José Antonio Valle. Takt-time: conceitos e contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção. **Gestão & Produção,** [s.l.], v. 8, n. 1, p.1-18, abr. 2001. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/s0104-530x2001000100002.

ANDREOLI, Tais Pasquotto; AHLFELDT, Rony. **Organização de Sistemas Produtivos Decisões Estratégicas e Táticas.** Curitiba: Intersaberes, 2014.

ANTUNES, Junico et al. **Sistema de Produção:** Conceitos e Práticas para Projeto e Gestão da Produção Enxuta. Porto Alegre: Bookman, 2008.

ANTUNES, Luciana Soares; SEHNEM, Simone; LIMA, Mauricio Andrade de. Análise do planejamento e controle de produção no setor de usinagem, corte e conformação em indústria. **Navus: Revista de Gestão e Tecnologia,** Florianópolis, Sc, v. 1, n. 4, p.22-34, jun. 2014. Semestral. Disponível em: <http://navus.sc.senac.br/index.php/navus/article/view/99>. Acesso em: 21 set. 2017.

BARNES, Ralph Mosser. **Estudo de movimentos e de tempos:** projeto e medida do trabalho. 6. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1977.

BUZZI, Elisete Maria; RIBEIRO, Mariana Emidio Oliveira; CARLESSO, Roni Ebrson. A TEORIA DAS RESTRIÇÕES NA IDENTIFICAÇÃO DE GARGALOS NO SETOR PRODUTIVO: A INDÚSTRIA UNIFORMES 1000 CORES. **Revista Eletrônica da Faculdade de Alta Floresta,** Alta Floresta, PR, v. 2, n. 2, p.1-23, jun. 2013. Disponível em: <http://faflor.com.br/revistas/refaf/index.php/refaf/article/viewFile/107/pdf>. Acesso em: 25 set. 2017.

CARVALHO, M.f.; SILVA FILHO, O.s.; FERNANDES, C.a.o.. O planejamento da manufatura: práticas industriais e métodos de otimização. **Gestão & Produção,** [s.l.], v. 5, n. 1, p.34-59, abr. 1998. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/s0104-530x1998000100003.

CASTRO, Denyse Roberta Correa; RAMOS, Mayra Oliveira; COSTA, Danilo de Oliveira. ESTUDO DE TEMPOS E MOVIMENTOS NO PROCESSO DE FLOW RACK EM UMA EMPRESA DE DISTRIBUIÇÃO. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO, 32., 2012, Bento Gonçalves, Rs. **Anais... .** Bento Gonçalves, RS: ENEGEP, 2012. p. 1 - 15. Disponível em:

<http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2012_TN_STP_157_913_19678.pdf>. Acesso em: 21 set. 2017.

CHIAVENATO, Idalberto. **Gestão da Produção:** uma abordagem introdutória. 3. ed. Barueri: Manole, 2014.

CHIAVENATO, Idalberto. **Introdução à Teoria Geral da Administração.** 9. ed. Barueri: Manole, 2014.

CHIAVENATO, Idalberto. **Planejamento e controle da produção.** 2. ed. Barueri: Manole, 2008.

DATALYZER, International Inc.. **CEP - Controle Estatístico de Processo:** Os ciclos dos gestores nas suas empresas. 2009. Cep Training Megabyte. Disponível em: <http://www.datalyzer.com.br/site/suporte/administrador/info/arquivos/info39/39.html>. Acesso em: 22 set. 2017.

DEMARTINI, Felipe Jorge; ANJOS, Fernando Elemar Vicente dos. Balanceamento de atividades de montagem de linha de produção, utilizando como base o takt-time e os conceito da função operação. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 31., 2011, Belo Horizonte. **Anais... .** Belo Horizonte: ENEGEP, 2011. p. 1 - 8. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_TN_STP_135_861_17856.pdf>. Acesso em: 14 out. 2017.

DIEHL, Astor Antônio; TATIM, Denise Carvalho. **Pesquisa em Ciências Sociais Aplicadas.** São Paulo: Prentice Hall, 2004.

DOANE, David P.; SEWARD, Lori E. **Estatística Aplicada à Administração e Economia.** 4. ed. São Paulo: Bookman, 2014.

FAVARETTO, Fábio. Considerações sobre o Apontamento da Produção. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 22., 2002, Curitiba, Pr. **Anais... .** Curitiba, ENEGEP, 2002. p. 1 - 5. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2002_tr14_0504.pdf>. Acesso em: 16 set. 2017.

FILIPE, José Cruz. **Gestão da Produção:** Lisboa: Mestrado em Logística, 2006. Color. Disponível em: <http://www.civil.ist.utl.pt/mlog/Docs/Gestao_Producao_4.pdf>. Acesso em: 12 out. 2017.

GERHARDT, Melissa Petry; FOGLIATTO, Flávio Sanson; CORTIMIGLIA, Marcelo Nogueira. Metodologia para o balanceamento de linhas de montagem multi-modelo em ambientes de customização e. **Gestão e Produção,** São Carlos, v. 14, n. 2, p.267-279, ago. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/gp/v14n2/05.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2017.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GOMES, Jeferson Einstein Nobre et al. Balanceamento de linha de montagem na indústria automotiva: um estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28., 2008, Rio de Janeiro, RJ. Rio de Janeiro, RJ: Enegep, 2008. p. 1 - 13. Disponível em:

<http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STP_069_496_12064.pdf>. Acesso em: 07 out. 2017.

GONÇALES FILHO, Manoel et al. Revisão sistemática da literatura com análise bibliométrica sobre estratégia e Manufatura Enxuta em. **Gestão & Produção,** [s.l.], v. 23, n. 2, p.408-418, jun. 2016. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/0104-530x1683-14.

LAUGENI, Fernando P.; MARTINS, Petrônio Garcia. **Administração da produção.** 3. ed. São Paulo, SP: Saraiva, 2015.

LÉLIS, Eliacy Cavalcanti. **Administração da Produção.** São Paulo: Person Education do Brasil, 2012.

MARINO, Lucia Helena Fazzane de Castro. Gestão da qualidade e gestão do conhecimento: fatores-chave para produtividade e competitividade empresarial. In: SIMPEP, 13., 2006, Bauru, Sp. **Anais... .** Bauru, SP: SIMPEP, 2006. p. 1 - 9. Disponível em: <http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/598.pdf>. Acesso em: 28 set. 2017.

MCCLAVE, James T.; BENSON, P. George; SINCICH, Terry. **Estatística para administração e economia.** 10. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

MESQUITA, Marco Aurélio de; CASTRO, Roberto Lopes de. Análise das práticas de planejamento e controle da produção em fornecedores da cadeia automotiva. **Gestão & Produção,** [s.l.], v. 15, n. 1, p.33-42, abr. 2008. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/s0104-530x2008000100005.

MONDEN, Yasuhiro. **Sistema Toyota de Produção:** Uma abordagem integrada ao just-in-time. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. 495 p.

MORAES, Luiz Henrique; SANTORO, Miguel Cezar. Medida de Eficiência em Linhas de Produção. In: ENEGEP, 26., 2006, Fortaleza, Ce. **Anais... .** Fortaleza, CE: ABEPRO, 2006. p. 1 - 9. Disponível em: <http://abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006_TR450311_7371.pdf>. Acesso em: 25 set. 2017.

OLIVEIRA NETO, Odilon José de et al. Análise da eficiência do processo produtivo de embalagens plásticas para papel higiênico 8 rolos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 29., 2009, Salvador, Ba. **Anais... .** Salvador, BA: ENEGEP, 2009. p. 1 - 13. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_TN_STO_091_621_12591.pdf>. Acesso em: 07 out. 2017.

PASQUAL, Cássia Aparecida; PEDROZO, Eugênio Ávila. **ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS DO NEGÓCIO NO SETOR DE MÁQUINAS E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS NA MESORREGIÃO NOROESTE RIOGRANDENSE.** 2005. 16 f. TCC (Graduação) - Curso de Feac, Centro de Pesquisa e Extensão, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2005.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. **Administração da Produção:** Operações Industriais e de Serviços. Curitiba: UNICENP, 2007.

PRATES, Caroline Chagas. **Aumento de eficiência no processo de produção de uma indústria eletrônica:** Um estudo de caso. 2010. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/26600/000751855.pdf>. Acesso em: 07 out. 2017.

QUITÉRIO, Fernando Nakamura Dias. **Uma análise de técnicas do Planejamento e Controle da Produção e da filosofia Lean.** 2010. 53 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção Mecânica, Universidade de São Paulo, São Carlos, Sp, 2010. Disponível em: <www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/.../Quiterio_Fernando_Nakamura_Dias.pdf>. Acesso em: 23 set. 2017.

RITZMAN, Larry P.; KRAJEWSKI, Lee J.. **Administração da Produção e Operações.** São Paulo: Prentice Hall, 2004.

RITZMAN, Larry P.; KRAJEWSKI, Lee J.; MALHOTRA, Manoj K.. **Administração de Produção e Operações.** 8. ed. São Paulo: Person Prentice Hall, 2009.

SHARPE, Norean R.; VEAUX, Richard D. de; VELLEMAN, Paul F.. **Estatística Aplicada:** Administração, Economia e Negócios. Porto Alegre: Bookman, 2011.

SILVA, Reinaldo O. da. **Teorias da Administração.** São Paulo, SP: Person Prentice Hall, 2008.

SLACK, Nigel et al. **Gerenciamento de Operações e de Processos.** 2. ed. São Paulo, SP. Bookman, 2013.

SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção.** 4. ed. São Paulo, Sp: Atlas, 2015.

TÁLAMO, J. Roberto. **Engenharia de métodos:** o estudo de tempos e movimentos. Curitiba, Pr: Intersaberes, 2016.

TEÓFILO, Romero Batista; FREITAS, Lucia Santana de. O uso de tecnologia da informação como ferramenta de gestão. In: SIMPÓSIO DE EXCELêNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 4., 2007, Resende, Rj. **Simpósio.** Resende, Rj: Aedb, 2007. p. 1 - 12. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos07/652_SEGET roro.pdf>. Acesso em: 17 set. 2017.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Manufatura enxuta como estratégia de produção:** a chave para a produtividade industrial. São Paulo: Atlas, 2015.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Planejamento e Controle da Produção:** Teoria e Prática. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

VENANCIO, Alan de Matos et al. Estudo De Layout E Tempos E Metódos No Processo De Produção De Uma Indústria De Fabricação De Car. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO, 35., 2015, Fortaleza, Ce. **Anais.** Fortaleza, CE: Abepro, 2015. p. 1 - 15. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/profile/Heraclito_Pontes/publication/283676403_ESTUDO_DE_LAYOUT_E_TEMPO>. Acesso em: 16 set. 2017.

WAGMANN, Paula Tatielle Dutra; ARAÚJO, Raquel Cirlene das Dores. Análise do balanceamento de uma linha de produção em uma empresa de autopeças. In: SIMPÓSIO ACADÊMICO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 9., 2014, Viçosa. **SAEPRO.** Viçosa: SAEPRO, 2014. p. 1 - 9. Disponível em: <http://www.saepro.ufv.br/wp-content/uploads/2014.21.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2017.