

**DESENVOLVIMENTO DE UMA PROPOSTA DE PLANEJAMENTO E  
CONTROLE DA PRODUÇÃO PARA UMA EMPRESA DE ELETRÔNICA MÉDICA**

**DEVELOPMENT OF A PRODUCTION PLANNING AND CONTROL  
PROPOSAL FOR A MEDICAL ELECTRONICS COMPANY**

**DESARROLLO DE UNA PROPUESTA DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL  
DE PRODUCCIÓN PARA UNA EMPRESA DE ELECTRÓNICA MÉDICA**

Cassiano Rodrigues Moura

Pós graduado em Logística. Pós graduado em Engenharia de produção. Professor do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), alocado no Câmpus Geraldo Werninghaus

cassianoerm@hotmail.com

<http://orcid.org/0000-0002-0800-700X>

Yuri König

Tecnólogo em Fabricação Mecânica pelo do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC)

yurikonig13@gmail.com

<http://orcid.org/0000-0003-0236-9779>

Editor Científico: José Edson Lara  
Organização Comitê Científico  
Double Blind Review pelo SEER/OJS  
Recebido em 02.04.2020  
Aprovado em 05.06.2021



Este trabalho foi licenciado com uma Licença Creative Commons - Atribuição – Não Comercial 3.0 Brasil

## RESUMO

**Objetivo:** O presente trabalho tem como objetivo estudar a implantação de um PCP, em uma empresa de pequeno porte (EPP) de materiais eletrônicos para medicina e estética.

**Metodologia:** Foi realizada através de uma execução qualitativa, com abordagem de estudo de caso, que a partir da previsão de demandas, desenvolvendo um plano de produção a longo prazo para as famílias de produtos, seguido de um Plano-Mestre de Produção (PMP) para equipamentos individuais, e a programação da produção, com a produção necessária semanalmente, busca propor alternativas de solução para otimizar o fluxo produtivo, bem como aprimorar o processo de produção da empresa em estudo, atendendo as demandas até 2030.

**Originalidade:** A relevância da pesquisa está na carência de estudos abordando como a estratégia o planejamento de produção com foco no mercado futuro.

**Principais resultados:** Foi possível avaliar o sistema produtivo da empresa e desenvolver, alinhado as demandas futuras e na capacidade produtiva, um planejamento de produção para atender necessidades imediatas e futuras. Pode-se observar com o PMP que foi possível diminuir a produção em até 6% em determinados meses, reduzindo a média de estoque final da empresa em 35%. Constatou-se também uma otimização de aproximadamente 18% do fluxo de informações do setor responsável pelo planejamento da produção, melhorando assim, a eficiência e eficácia da empresa.

**Contribuições teóricas/metodológicas:** Como contribuição acadêmica pode constatar a importância do planejamento de produção alinhado as demandas futuras, bem como a repercussão que este tipo de atividade pode gerar em empresas de pequeno e médio porte.

**Palavras-Chaves:** Planejamento e Controle da Produção. EPP. Otimização. PMP.

## ABSTRACT

**Objective:** The present work aims to study the implantation of a PCP, in a small company (EPP) of electronic materials for medicine and aesthetics.

**Methodology:** It was carried out through a qualitative execution, with a case study approach, which based on the forecast of demands, developing a long-term production plan for product families, followed by a Master Production Plan (PMP) for individual equipment, and the production schedule, with the necessary production weekly, seeks to propose alternative solutions to optimize the production flow, as well as to improve the production process of the company under study, meeting the demands until 2030.

**Originality:** The relevance of the research is the lack of studies addressing production planning as a strategy with a focus on the future market.

**Main results:** It was possible to evaluate the company's production system and develop, in line with future demands and production capacity, production planning to meet immediate and future needs. It can be seen with the PMP that it was possible to decrease production by up to 6% in certain months, reducing the company's average final inventory by 35%. There was also an optimization of approximately 18% of the information flow of the sector responsible for production planning, thus improving the company's efficiency and effectiveness.

**Theoretical contributions:** As an academic contribution you can see the importance of production planning in line with future demands, as well as the repercussions that this type of activity can generate in small and medium-sized companies.

**Keywords:** Production Planning and Control. EPP. Optimization. PMP.

## RESUMEN

**Objetivo:** El presente trabajo tiene como objetivo estudiar la implantación de un PCP, en una pequeña empresa (EPP) de materiales electrónicos para medicina y estética.

**Metodología:** se realizó a través de una ejecución cualitativa, con un enfoque de estudio de caso, basado en el pronóstico de las demandas, desarrollando un plan de producción a largo plazo para familias de productos, seguido de un Plan Maestro de Producción (PMP) para equipos individuales, y el cronograma de producción, con la producción semanal necesaria, busca proponer soluciones alternativas para optimizar el flujo de producción, así como mejorar el proceso de producción de la empresa en estudio, satisfaciendo las demandas hasta 2030.

**Originalidad:** la relevancia de la investigación es la falta de estudios que aborden la planificación de la producción como una estrategia centrada en el mercado futuro.

**Resultados principales:** fue posible evaluar el sistema de producción de la empresa y desarrollar, en línea con las demandas y la capacidad de producción futuras, la planificación de la producción para satisfacer las necesidades inmediatas y futuras. Se puede ver con el PMP que fue posible disminuir la producción hasta en un 6% en ciertos meses, reduciendo el inventario final promedio de la compañía en un 35%. También hubo una optimización de aproximadamente el 18% del flujo de información del sector responsable de la planificación de la producción, mejorando así la eficiencia y la eficacia de la empresa.

**Contribuciones teóricas:** como contribución académica, puede ver la importancia de la planificación de la producción en línea con las demandas futuras, así como las repercusiones que este tipo de actividad puede generar en las pequeñas y medianas empresas.

**Palabras clave:** Planificación y control de la producción. PPE. Optimización PMP

## 1. INTRODUÇÃO

Uma das ferramentas utilizadas pelo PCP, é o Plano de Produção ou Planejamento Estratégico. Este trata de todos os setores da empresa como um todo, com o objetivo de atender as missões definidas a longo prazo pela organização (Slack, 2018). Ele normalmente trabalha agrupando os produtos levantados nas previsões de vendas em famílias, possibilitando assim a adequação do sistema produtivo para atender à essas demandas.

No médio prazo, surge o planejamento-mestre de produção, que consiste no

desenvolvimento do Plano-Mestre de Produção (PMP). Para Tubino (2017) o PMP toma como premissa as previsões de demanda a médio prazo e os pedidos em aberto, para estabelecer uma carga de trabalho para cada setor da empresa, para com isso atender a demanda. No plano-mestre de produção, pode-se verificar se o sistema produtivo terá recursos suficientes, como mão-de-obra ou matéria-prima, para realizar as operações nos prazos definidos. Ele também leva em consideração os materiais já produzidos, se houver, bem como os armazenados em estoque. A partir do PMP, surge a programação da produção, que trata a curto prazo quanto de cada item será produzido, oferecendo prioridade na maioria das vezes, a itens que geram maior lucratividade para a empresa. A programação da produção define também, o momento certo para realizar as comprar de materiais para a fabricação, e a quantidade necessária, sem que haja um acúmulo de estoque (Chiavenato, 2007).

Ao considerar o estoque um produto acabado, que gerou custos e não contabilizou lucro, ter uma quantia grande se torna algo prejudicial. Levando em conta que o estoque é um desperdício de recursos, uma técnica apresentada por Chiavenato (2007) para realizar seu controle é o *Just-in-time*. Este conceito foi desenvolvido pela *Toyota*, para a eliminação de desperdícios, desde o acúmulo de estoque, até redução de ciclos de trabalhos estendidos, retrabalhos e refugos. Como o próprio nome diz, *Just-in-time* ou “na hora certa”, consiste em realizar as tarefas apenas quando necessário, utilizando o conceito de produção puxada, onde as tarefas só se iniciarão se realmente forem necessárias às demandas. Sendo assim, através das informações apresentadas, pode-se perceber a importância da aplicação de um planejamento e controle de produção bem delineado, para que as empresas possam se mostrar mais competitivas no mercado, reduzindo seus custos, bem como aumentando sua produtividade.

Diante do exposto este trabalho tem como objetivo desenvolver uma proposta de planejamento e controle da produção em uma empresa de pequeno porte que atua no ramo de equipamentos eletrônicos para uso médico e estético. Mediante ao aumento significativo da demanda da empresa em estudo, causando atrasos nos pedidos, priorização de tarefas com menor importância e falta de estoque em momento da produção, é observado a necessidade de um rearranjo de sua estrutura produtiva, para que seja possível atender aos pedidos dos clientes, garantindo qualidade e mantendo os prazos pré-estipulados.

Para alcançar este objetivo o presente trabalho, apresentará um estudo da organização do fluxo de trabalho, através do histórico de vendas e da estimativa da previsão de demandas futuras, verificando a necessidade da aplicação de soluções para aumentar a capacidade produtiva da empresa. Com isso será possível desenvolver um plano de produção e um plano-mestre da produção, com objetivo de buscar o melhor sequenciamento do trabalho para a otimização das funções.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Estudos de caso sobre aplicações de planejamento e controle da produção

Com base na necessidade de aperfeiçoamento pelas empresas, em diversos ramos do mercado, como industrial e construção civil, encontram-se na literatura cada vez mais trabalhos relacionados ao assunto de planejamento e controle da produção e suas ferramentas, como o MRP (*Material Requirement Planning*) e o PERT/CPM (*Program Evaluation and Review Technique/ Critical Path Method*).

Um das ferramentas imprescindíveis para ajustar a produção, o Planejamento e Controle da Produção (PCP), é tema do trabalho de Bezerra (2014). O objetivo da dissertação foi a implantação do PCP para aumentar a capacidade produtiva e o faturamento, em micro e pequenas empresas. Foram utilizadas as ferramentas do PCP, como previsão da demanda, planejamento mestre da produção, MRP, e métodos como *Kanban*, teoria das restrições, *Jus-in-Time*, para reestruturar o sistema produtivo. A partir do levantamento de dados, passou-se a aplicação das ferramentas de forma adaptada às realidades encontradas, apresentado soluções para o *layout* e a forma como a empresa planejava e controlava a produção. Como conclusão de pesquisa, constatou-se que apesar das limitações encontradas foi possível aumentar a capacidade da empresa e obter uma estruturação lógica das atividades, e a necessidade que as empresas tem na utilização de um sistema, por mais que de maneira simples, para planejamento e controle da produção.

Um estudo de caso sobre a implantação da ferramenta MRP em uma empresa do setor elétrico de Itajubá, foi realizado por Batista, Nunes & Tamaki (2017), este relata que a finalidade da implantação da ferramenta foi para controlar de forma rigorosa as ordens de

compra e os reais momentos da compra desses materiais. A estruturação do trabalho iniciou-se com a coleta de dados dos tempos de processo, para estruturar o método do MRP, ocorreram ajustes do método com o decorrer da utilização, devido a variabilidade da aplicação em cada empresa. Após as correções realizadas, foi concluído que o MRP pode ser aplicado em qualquer ramificação de empresa, e por ele analisar os dados produtivos de uma forma mais efetiva, obteve-se uma redução dos custos com as compras de matéria-prima e uma melhora na performance da programação do controle dos materiais.

Na pesquisa de Vergara, Teixeira & Yamanari (2017), foi realizado um estudo devido às dificuldades no planejamento e na determinação da coordenação e execução das atividades a serem realizadas em uma empresa do setor de construções. Inicialmente os autores realizaram o levantamento de dados e das informações para a construção de uma residência, para que pudessem mensurar os tempos e custos envolvidos com o projeto, detectando quais áreas envolvidas na construção poderiam ser otimizadas. Foram levantadas as dependências de uma atividade sobre a outra e por meio do tempo de início e término foi traçado o caminho crítico através da ferramenta CPM. Sequencialmente foi utilizada a ferramenta PERT para verificar o impacto no custo do projeto, caso a empresa opta-se pela aceleração da obra. Ao final os integrantes concluíram que através da utilização das ferramentas PERT/CPM, é possível determinar as folgas existentes em cada etapa e assim otimizar as atividades para redução do tempo de produção.

Outro estudo sobre a aplicação do PERT/CPM, é encontrado na pesquisa de Barreto *et al.* (2010), que aborda a melhoria do processo produtivo em uma empresa de *fast food*, onde o objetivo a ser alcançado é obter menores custos, maior nível de serviço no atendimento ao cliente e superação da concorrência. O trabalho utilizou a metodologia de pesquisa de campo para levantar os dados do processo. Após o levantamento dos dados foi aplicado o método PERT/CPM, para solucionar problemas de tempo no processo de confecção do produto, e a análise foi finalizada com a aplicação do diagrama de Gantt. A pesquisa conclui que o método PERT/CPM mostrou-se eficiente, para conhecer as interdependências das atividades e as folgas existentes, facilitando a estruturação do planejamento e controle das atividades. Com a análise do processo pelo gráfico de Gantt, notou-se que poderia haver uma otimização no tempo, reduzindo-o e alcançando maior satisfação do cliente.

A Tabela 1 apresenta uma compilação dos resultados encontrados na literatura, no que diz respeito a aplicação do PCP e suas ferramentas como o PERT/CPM, MRP, *Kanban*, *Just-in-time*, entre outros. Essas pesquisas corroboram com o intuito do presente trabalho, constatando que atualmente se faz imprescindível a existência de um planejamento e controle da produção, desmistificando sua utilização em empresas de pequeno porte e até mesmo empresas prestadoras de serviço. O PCP tem a função de auxiliar os coordenadores da empresa, para que o poder de decisão não fique ligado as pessoas, pois se houver o desligamento desta pessoa com a empresa, o conhecimento e as atividades prestadas pro ela se perdem, e a empresa pode sofrer até estabelecer o fluxo normal da produção novamente.

**Tabela 1**

Aplicação de PCP/Ferramentas encontrados na literatura

<b>Ferramentas</b>	<b>Ramo/empresa</b>	<b>Referências</b>
PCP, MRP	Setor de serviços	Batista, Nunes & Tamaki (2017)
PCP, PERT/CPM	Setor de construção civil	Vergara, Teixeira E Yamanari (2017)
PCP, MRP, <i>Kanban</i> , <i>Just-in-time</i>	Setor industrial	Bezerra (2014)
PCP, PERT/CPM, gráfico de Gantt	Setor alimentício	Barreto <i>et al.</i> (2010)
PCP, MRP, <i>Just-in-time</i>	Setor industrial	Barros Filho (1999)
Planejamento fino da produção, PCP, Teoria das restrições	Setor metalmeccânico	Torres (1999)

Fonte: Elaborado pelos Autores (2020).

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Método de Pesquisa

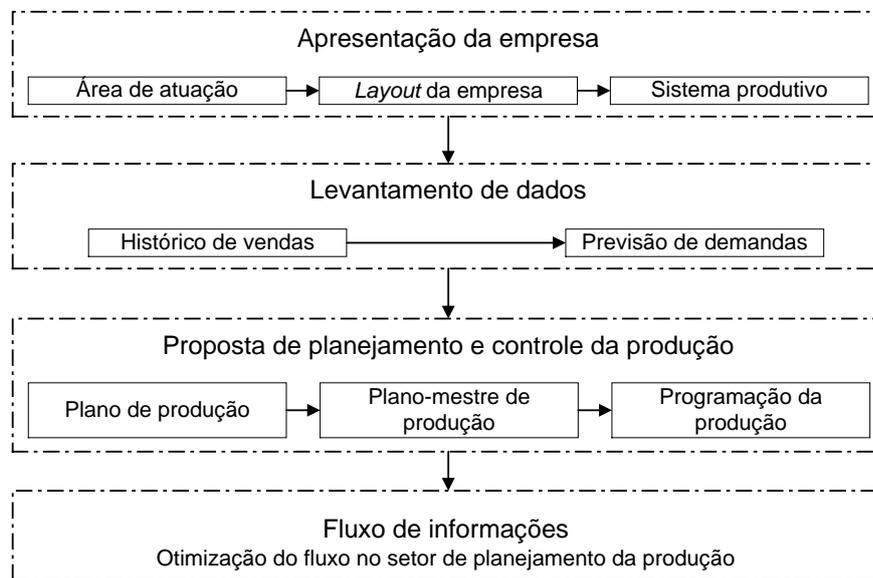
O método de pesquisa apresentado neste trabalho é classificado como qualitativo, enquadrando-se dentro dos conceitos apresentados por Flick (2009), segundo o autor estes se caracterizam pela utilização coerente dos métodos e teorias com o objetivo de estudo da pesquisa, em apresentar diferentes perspectivas para a análise e reconhecimento dos dados, na autoavaliação do autor sobre o processo de produção dos conhecimentos contidos no trabalho e na diversidade de métodos e abordagens para que se possa obter um resultado imparcial.

A abordagem utilizada para gerenciar os dados obtidos pelo trabalho é a de um estudo de caso, devido as características utilizadas serem definidas por Gil (2009). O método do estudo de caso é aquele que “envolve as etapas de formulação e delimitação do problema, da seleção da amostra, da determinação dos procedimentos para coleta e análise de dados, bem

como dos modelos para sua interpretação” (Gil, 2009, p.5). O estudo de caso é descrito por Batista & Campos (2016) como um método de observação, utilizado para criar um raciocínio e para que se possa combinar os dados teóricos aos fatos observados, criando a oportunidade de formular reflexões e hipóteses que possibilitam novas descobertas. Sendo assim o estudo de caso é uma forma de análise dos fatos obtidos em cada local de pesquisa, adequando-os as teorias e aos métodos descritos na literatura devido a cada local ter suas peculiaridades, para auxiliar na conclusão do objetivo ou problema de pesquisa.

### 3.2 Fluxo da metodologia

O fluxo metodológico proposto para a implantação do processo de planejamento e controle da produção na empresa em estudo pode ser observado na Figura 1, onde se apresentada por meio de um fluxograma a categorização dos temas centrais e itens abordados em cada atividade. O fluxo da metodologia pode ser descrito como uma adaptação da proposta apresentada por Bezerra (2014), adequando as técnicas a realidade encontrada na empresa, onde o planejamento e controle da produção será aplicado.



**Figura 1.** Fluxo metodológico adotado neste trabalho

Fonte: Elaborada pelos Autores (2020)

A primeira etapa do fluxograma trata da apresentação do local onde será realizada a pesquisa, descrevendo sua área de atuação, o setor do mercado que atua, sua estrutura física e *layout*. Nesta fase também serão apresentados o seu sistema produtivo e o modelo de produção atual, porém, ocultando qualquer dado que possibilite a identificação da empresa em

questão. Na sequência, será apresentado o histórico de vendas para o período de 2016 a 2019. Também serão abordadas as ferramentas, metodologias e/ou teorias utilizadas para gerir o planejamento e controle da produção, desde planilhas, experiência dos funcionários e demais métodos.

Na terceira etapa do fluxo metodológico será apresentada a proposta para implantação do planejamento e controle da produção, está se inicia pela previsão de demandas, por meio dos registros da empresa e conhecimento dos tipos de produtos que são comercializados, será realizado o levantamento das famílias de produtos, através da similaridade de tratamento realizada pelos equipamentos, método já utilizado pela empresa. O plano de produção, desenvolvido após a previsão da demanda, será utilizado como base para o planejamento da produção, definindo os objetivos macro, ou a longo prazo, que a empresa poderá alcançar. A partir disso será aplicado a ferramenta do PERT/CPM, para traçar o caminho crítico e as dependências que as tarefas sofrem umas sobre as outras, para desenvolver o plano-mestre da produção, que indicará as tarefas a médio prazo que a produção deverá realizar, para a finalização dos pedidos em aberto. Com o plano-mestre da produção definido, será realizada a programação da produção, que consiste nas atividades que a produção deverá realizar, através da liberação das Ordens de Produção (OP). Por fim, a partir da estruturação da produção, será realizado a reformulação do fluxo de informações realizadas pelo setor de planejamento da produção, a fim de otimizar esse sequenciamento de atividades.

## **4. DESENVOLVIMENTO – ESTUDO DE CASO**

### **4.1 Apresentação da empresa**

A empresa em estudo no desenvolvimento desta pesquisa atua no ramo de equipamentos eletrônicos, está possui sede na Argentina, sendo que sua bagagem de conhecimento e experiência perduram por mais de 40 anos de sua matriz, que tem como política a busca por altos padrões de qualidade e confiabilidade em seu produto final. A empresa possui clientes por todo Brasil, com 16 equipamentos e uma variedade de acessórios que compõem seu funcionamento, sendo que, da totalidade dos equipamentos fabricados, com apenas 4 sustentando o faturamento da empresa, com mais de 80% do faturamento, conforme

pode-se observar na Tabela 2.

**Tabela 2**

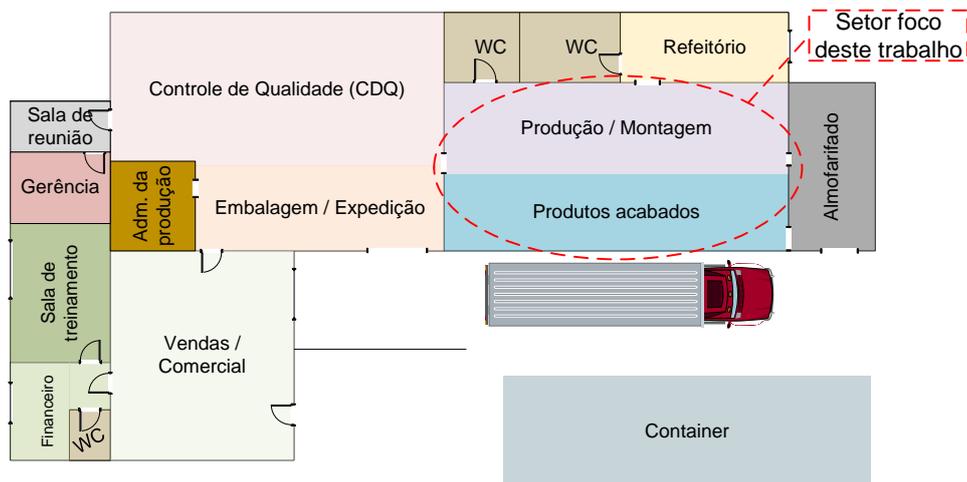
Faturamento médio dos últimos 4 anos

EQUIPAMENTOS	Média (R\$)	Representatividade (%)
A	1.749.818,17	37,494
D	1.157.230,72	24,797
C	606.094,20	12,987
B	414.994,18	8,892
F	186.918,86	4,005
K	137.602,66	2,948
G	105.368,31	2,258
E	97.067,42	2,080
N	83.475,36	1,789
I	39.965,25	0,856
M	38.784,86	0,831
J	33.614,13	0,720
H	15.967,31	0,342

Fonte: Elaborado pelos Autores (2020).

#### 4.1.1 Layout da empresa

A empresa funciona atualmente em dois galpões, estes estão localizados em áreas distintas, sendo que no galpão 1 (principal) se encontram as áreas de Gerência, Administração da Produção, Comercial, Embalagem e Expedição, Produção e Montagem, Estoque de produtos acabados, Almojarifado, entre outras áreas comuns, conforme mostra a Figura .

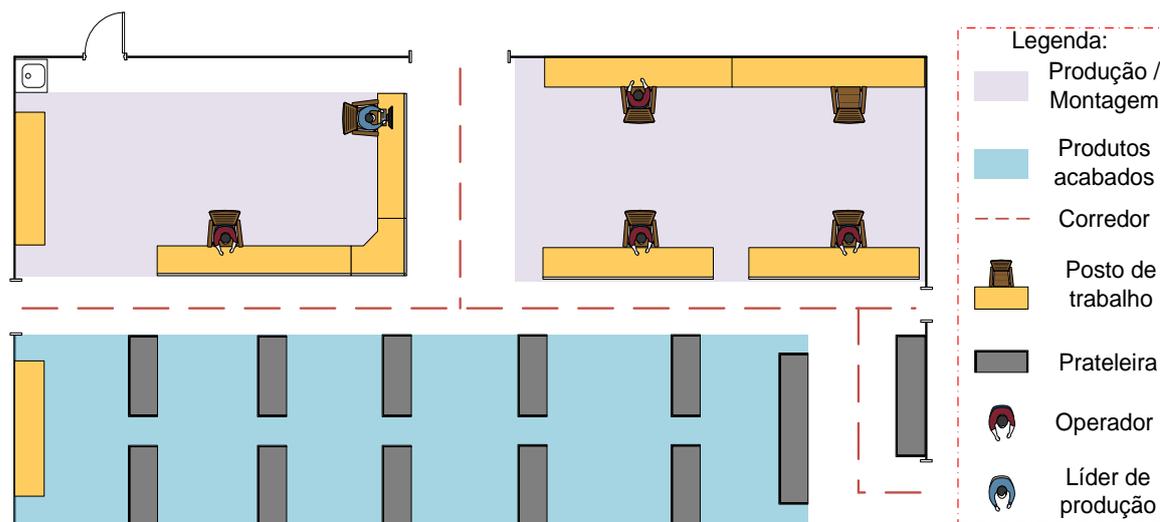


**Figura 2.** Representação dos setores: Galpão 1

Fonte: Elaborada pelos Autores (2020).

O presente trabalho possui como foco o setor de Produção e Montagem, que se encontra no *layout* do galpão 1, este será o ambiente de estudo para a aplicação do PCP. Este

foi escolhido devido à variedade de processos existentes, e por representar o setor com maior número de atividades de atravessamento até a obtenção do produto final. A representação do setor de Produção e Montagem pode ser observada na Figura 3, onde são apresentados alguns detalhes internos da área.



**Figura 3.** Detalhamento do setor de produção e montagem  
Fonte: Elaborada pelos Autores (2020).

As áreas em branco com as linhas tracejadas em vermelho, presentes na Figura , representam os corredores e o caminho que os funcionários utilizam para se locomoverem, e as áreas em cores Roxa e Azul, representam respectivamente, o setor de Produção e Montagem e o setor de Produtos acabados. O setor de Produção e Montagem possui uma área com aproximadamente 48m<sup>2</sup>, esta comporta atualmente cinco funcionários, que revezam as atividades, sendo que não existe um destes que é responsável por apenas uma determinada atividade, eles se revezam em formato de rodízio. O setor tem capacidade máxima para suportar até seis funcionários, onde o líder de produção gera as OP e após a separação do material, distribui as atividades entre os colaboradores, da forma mais interessante perante sua percepção, não apresentando característica de uma produção celular ou produção seriada.

#### 4.1.2 Sistema produtivo

O sistema produtivo da empresa, devido ao aumento considerável das vendas, pode ser classificado com controle puxado de produção, pois como Slack (2018) conceitua, é quando a produção trabalha a partir da entrada de um pedido, com foco na manufatura dos itens

essenciais para conclusão das demandas. Devido ao controle puxado trabalhar com estoques baixos, comparados ao controle empurrado, necessita-se de um controle e planejamento adequado, para que no momento da produção não faltem os materiais necessários, nem haja um desperdício de tempo realizando atividades menos importantes. Como o trabalho terá foco no setor de produção e montagem da empresa, serão apresentadas apenas as atividades provenientes e realizadas por esse setor. Para a obtenção do equipamento final são realizadas as etapas apresentadas no Tabela 3.

**Tabela 3**

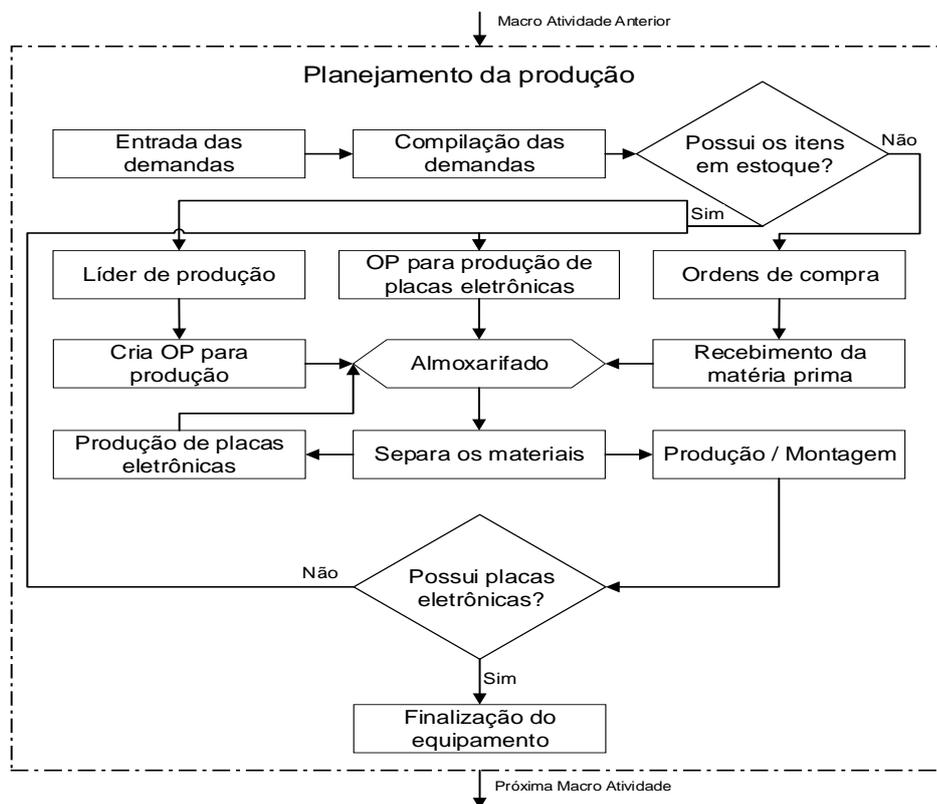
Atividades macro do setor de produção e montagem

<b>Etapas</b>	<b>Descrição das etapas</b>	<b>Tempo de produção (%)</b>
1º Produção de itens secundários	Cabos, chicotes, fios, entre outros.	25%
2º Produção dos acessórios	Cabeçotes, aplicadores, acessórios, entre outros.	25%
3º Pré-montagem do equipamento	Montagem de chapas metálicas, peças plásticas, polimento, entre outros.	30%
4º Finalização do equipamento	Montagem de placas eletrônicas, equipamento, componentes gerais, entre outras.	20%

Fonte: Elaborado pelos Autores (2020)

As etapas de produção são realizadas geralmente em sequência, sofrendo pequenas alterações devido à falta de material, ou prioridades que surgem ao decorrer da produção. A 1º e 2º etapa, que se referem a produção de itens secundários e dos acessórios, são atividades simples, porém consomem grande parte do tempo de produção, devido à alta diversidade de cabos, chicotes, cabeçotes e aplicadores, entre outros, que compõem o produto final. Nas etapas de pré-montagem (3º) e finalização do equipamento (4º), as atividades realizadas requerem tanto conhecimento específico e quanto cuidado, pois se executadas de forma incorreta podem acarretar em curtos nas placas eletrônicas e falhas no funcionamento do equipamento, estas detectáveis no controle de qualidade realizado pelo Controle de Qualidade (CDQ), onde dependendo da falha, podem ser necessários processos de retrabalho ou descarte dos componentes. O foco do sistema produtivo está voltado para os processos essenciais do produto final, tendo a terceirização de várias atividades onde se faz necessário um colaborador com conhecimentos técnicos específicos da área, como é o caso dos processos de usinagens. A empresa terceiriza aproximadamente de 50% de seu processo de usinagem de plásticos de peças que compõem o equipamento final, esse trabalho é realizado através de parcerias com empresas de qualidade conhecida. A Figura representa um desdobramento do

processo de “planejamento da produção”, onde são descritos os passos realizados atualmente pela empresa para definição de que atividades, quando e quanto será produzido diariamente.



**Figura 4.** Desdobramento do “planejamento da produção”

Fonte: Elaborada pelos Autores (2020).

O início do planejamento para a produção acontece com a entrada das demandas provenientes do setor de vendas, que são repassadas para o líder do setor de administração da produção. Este agrupa e compila os itens de mesmo modelo e com data de expedição próxima, gerando uma tabela com quantidade necessária de equipamento por um prazo de expedição. Através deste agrupamento de itens, é realizado uma verificação dos materiais necessários com os contidos em estoque. Os materiais críticos, com custo e volume maior, são comprados mediante entrada da demanda, e caso haja a necessidade de compra, são criadas ordens de compra, que são repassadas para os devidos fornecedores para abastecimento do estoque. As compras de itens de menor relevância, como parafusos, componentes eletrônicos, cabos e mangueiras, entre outros, são realizadas mensalmente, não sendo realizado um

planejamento concreto, da necessidade dos materiais, essa quantidade ficando a critério da experiência do colaborador responsável.

Em paralelo a compra dos materiais, a tabela com as quantidades de equipamentos é direcionada ao líder de produção e montagem, que a transforma em Ordens de Produção (OP) semanais. Essas OP são encaminhadas para o almoxarifado realizar a separação dos materiais para manufatura das OP, e após a separação, o material é repassado à produção para completarem as atividades. Nesta etapa as atividades realizadas pela produção são de itens secundários, como acessórios, cabos que compõem o equipamento final, e a pré-montagem do equipamento. As OP para produção das placas eletrônicas são realizadas pelo auxiliar do setor de administração da produção, que realiza o agrupamento das placas necessárias para completar a demanda de equipamentos e os componentes produzidos internamente, posteriormente, transmite essas ordens ao almoxarifado para realizar a separação dos materiais. Na conclusão da separação, os materiais são enviados para o galpão 2 (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), onde a líder da produção de placas eletrônicas distribui as atividades para os funcionários.

Com a conclusão da manufatura das placas eletrônicas, esse material é encaminhado novamente para o galpão 1, especificamente para o almoxarifado, que repassa o necessário para o setor de produção e montagem, onde é realizada a montagem final dos equipamentos. Caso não haja a totalidade de placas eletrônicas para a montagem final do equipamento, essa informação retorna para o auxiliar do setor de administração da produção, que gera novas OP. Essa situação pode ocorrer devido a falha na montagem de uma certa quantidade de placas em determinados lotes, que resulta em uma quantia inferior a necessária para completar a demanda de equipamentos. Se houver o material necessário, após a finalização, estes equipamentos são direcionados ao controle de qualidade (próxima macro atividade), para verificar se estão dentro dos critérios estabelecidos pela empresa, atentando-se contra danos, mediante algum processo de produção, ou se estão montados de forma incorreta. Se os mesmos estiverem dentro dos padrões, o controle de qualidade realiza os testes e a calibração dos equipamentos, para que sejam encaminhados ao setor de embalagem e expedição. O responsável pelo setor de embalagem e expedição, realiza a limpeza, conservação e embalagem do equipamento para o envio ao cliente final, revendedor ou distribuidor., finalizando o processo.

## 4.2 Levantamento de dados

### 4.2.1 Histórico de vendas

A Tabela apresenta a média das vendas anual e o percentual de faturamento desde o início de 2016 até agosto de 2019, onde pode-se observar a representatividade que cada equipamento apresenta no faturamento final da empresa.

**Tabela 4**

Média de vendas anual e percentual de faturamento (2016 a 2019)

Equipamentos	Média de vendas anual (un.)	Faturamento (%)	Representatividade (%)
<b>A</b>	408	37,49	84,17
<b>D</b>	357	24,80	
<b>C</b>	165	12,99	
<b>B</b>	154	8,89	
<b>F</b>	96	4,00	15,83
<b>K</b>	205	2,95	
<b>G</b>	20	2,26	
<b>E</b>	77	2,08	
<b>N</b>	21	1,79	
<b>I</b>	24	0,86	
<b>M</b>	18	0,83	
<b>J</b>	43	0,72	
<b>H</b>	15	0,34	
<b>Total</b>	1.603	100%	100%

Fonte: Elaborada pelos Autores (2020)

A Tabela lista os equipamentos de ordem decrescente, ilustrando do que possui maior percentual do faturamento, até o que possui menor impacto no faturamento. Como pode-se observar os quatro primeiros equipamentos, A, D, C e B representam uma média de 84,17% do faturamento da empresa, dentro do período utilizado para o levantamento dos dados. Importante salientar que o equipamento K, tem uma saída de mais de 200 equipamentos por ano, representando uma média de vendas relevante.

Com base nos dados levantados, para seleção dos equipamentos foi estipulado que, aqueles que possuem vendas superiores a 150 unidades, serão utilizados como foco para elaboração das técnicas subsequentes do PCP. Sendo assim, os equipamentos A, B, C, D e K, serão utilizados como base para o desenvolvimento do planejamento e controle da produção desenvolvido a partir deste ponto do trabalho, desprezando os demais equipamentos.

Estes equipamentos foram agrupados em família. Para definição dessas famílias, foi utilizado o método de similaridade de funcionamento, bem como pela finalidade do tratamento que produzem. Essas definições são representadas no Quadro 1.

### Quadro 1

Famílias e Equipamentos base

Famílias Base	Equipamentos Base
Vermelha	A e B
Azul	C e D
Verde	K

Fonte: Elaborado pelos Autores (2020).

Para a definição do planejamento estratégico e planejamento tático, uma das etapas conceituadas por Tubino (2017), Chiavenato (2008) e Slack (2018) necessárias na elaboração do PCP, é apresentada por meio da Tabela 5, que retrata a média mensal de janeiro de 2016 a agosto de 2019 dos cinco equipamentos definidos como base para o trabalho. Essa média mensal, será utilizada como caminho de elaboração para a previsão das demandas.

### Tabela 5

Média de vendas mensais (2016 a 2019)

Equipamentos	Média de vendas (un.)											
	jan.	fev.	mar.	abr.	mai.	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.
A	28	32	46	44	30	28	31	37	46	44	60	24
B	8	11	14	14	15	20	13	16	14	23	9	11
C	7	13	20	18	13	15	15	20	9	17	21	13
D	17	36	38	27	28	29	29	40	29	48	47	26
K	6	13	10	18	19	19	18	15	43	14	16	46
TOTAL	66	104	128	121	104	110	106	128	141	147	154	120

Fonte: Elaborada pelos Autores (2020).

#### 4.2.2 Previsão das demandas futuras

A previsão da demanda é para Chiavenato (2008), Slack (2018) e Tubino (2017), um levantamento das demandas futuras que a empresa terá, com bases no histórico dos anos anteriores. Para determinação deste percentual, foram utilizados os dados referentes as médias de vendas mensais nos anos de 2016 até 2019. Com isso pode-se estimar o aumento ou a queda que ocorrerá no intervalo de determinado período. Estas informações são apresentadas na

Tabela , onde se observa o percentual médio de aumento das vendas descritos por períodos.

**Tabela 6**

Aumento do percentual médio de vendas das famílias por ano

Período	Famílias (% de aumento)		
	Vermelha	Azul	Verde
de 2016 até 2017	constante	desconsiderado	-5%
de 2017 até 2018	-10%	36%	11%
de 2018 até 2019	38%	5%	10%
<b>Média de aumento</b>	<b>14%</b>	<b>21%</b>	<b>5%</b>

Fonte: Elaborada pelos Autores (2020).

Com a definição do aumento no percentual médio de vendas que as famílias podem sofrer anualmente, pode-se calcular a previsão de demanda média futura, perante o aumento no percentual de vendas, estimando as quantidades de vendas para os anos de 2020 a 2030, conforme pode-se observar na Tabela . Ressaltando que devido ao trabalho direcionar seu foco apenas a uma parcela dos equipamentos da empresa (3 famílias), a capacidade produtiva deve ser reconsiderada apenas para essas que foram definidas.

**Tabela 7**

Média de vendas mensal de 2016 a 2030

Famílias	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Vermelha	71	92	119	154	200	259
Azul	76	111	161	235	342	498
Verde	23	26	28	32	35	39

Fonte: Elaborada pelos Autores (2020).

### 4.3 Proposta de Planejamento e Controle da Produção

#### 4.3.1 Plano de produção

Para o desenvolvimento do plano de produção, conforme Tubino (2017) é necessário traçar estratégias, sendo estas corporativas, competitivas ou de produção. Como o foco do trabalho é produtivo, a estratégia de produção foi utilizada para determinar as metas a se alcançar. Tubino (2017) apresenta cinco grupos de critérios da estratégia de produção para obter um melhor desempenho produtivo, porém devido a empresa sofrer com o atraso na entrega dos produtos, foi selecionado a utilização do critério de desempenho na entrega, que nada mais é, do que prazos de entrega que sejam mais atrativos, com mais agilidade e

confiabilidade que seus concorrentes. Posterior a definição de estratégias para a produção, que pode variar conforme a necessidade da empresa, inicia-se o desenvolvimento do plano de produção, que se refere a um planejamento da produção em longo prazo, a partir da previsão de demanda. O método utilizado para criação do plano de produção, foi o apresentado por Tubino (2017), que é descrito como método da tentativa e erro, onde são apresentados os dados por meio de tabelas e gráficos, de maneira que se possa tomar a melhor decisão para atender as necessidades do sistema. Devido ao plano de produção ser uma técnica de previsão a longo prazo, este será representado como uma previsão de janeiro a dezembro de 2020, conforme pode-se observar na Tabela 8, que apresentam um panorama do planejamento de vendas para as famílias Vermelha, Azul e Verde, por meio da Demanda Prevista (DP), Demanda Real (DR), Estoque Inicial (EI), Produção Planejada (PP), Estoque Final (EF), Vendas Perdidas (VP) e Vendas (V), considerando uma produção linear para todos os meses do ano. Os valores da Demanda Real (DR) estão apresentados com valor zero, pois trata-se de um plano de produção para demandas futuras, não tendo nenhuma venda já registrada.

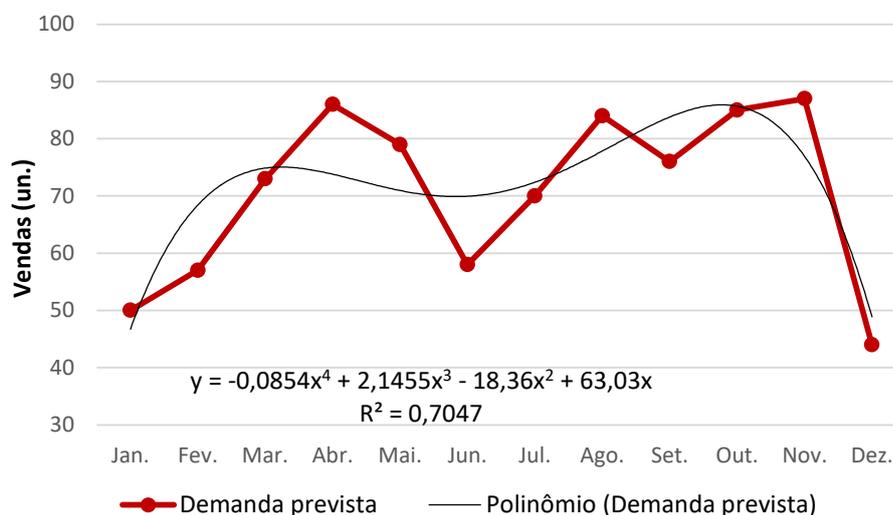
**Tabela 8**

Plano de produção das famílias Vermelha, Verde e Azul, 2020

Família Vermelha	Período	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
	DP	50	57	73	86	79	58	70	84	76	85	87	44
DR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
EI	25	46	60	58	43	35	48	49	36	31	17	1	
PP	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	
EF	46	60	58	43	35	48	49	36	31	17	1	28	
VP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
V	50	57	73	86	79	58	70	84	76	85	87	44	
Família Azul	Período	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
	DP	64	85	80	82	85	69	95	69	50	87	91	52
DR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
EI	15	29	22	20	16	9	18	1	10	38	29	16	
PP	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	
EF	29	22	20	16	9	18	1	10	38	29	16	42	
VP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
V	64	85	80	82	85	69	95	69	50	87	91	52	
Família Verde	Período	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
	DP	9	12	18	14	19	16	16	33	50	16	19	53
DR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
EI	25	37	46	49	56	58	63	68	56	27	32	34	
PP	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	
EF	37	46	49	56	58	63	68	56	27	32	34	2	
VP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
V	9	12	18	14	19	16	16	33	50	16	19	53	

Fonte: Elaborada pelos Autores (2020).

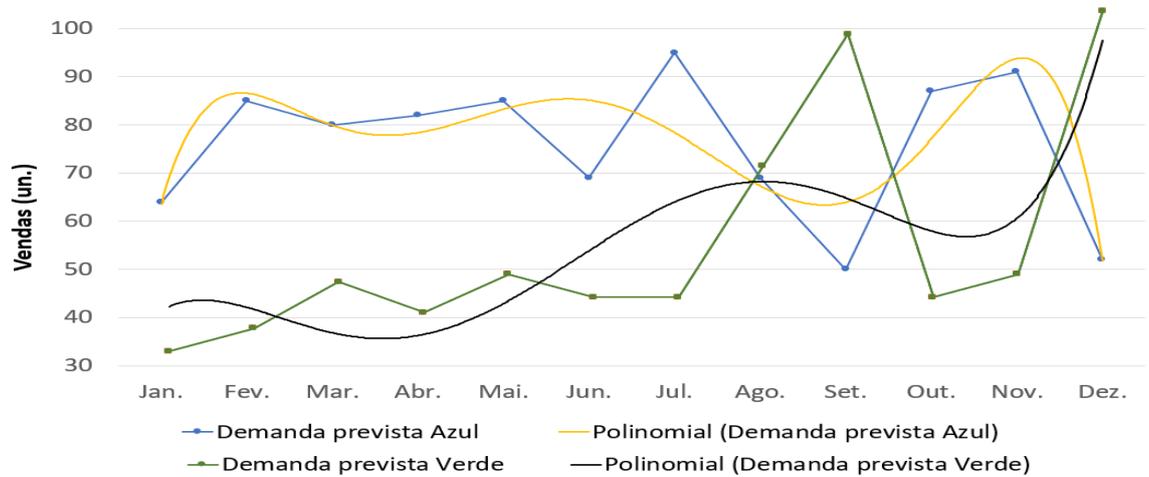
Como a empresa sofre devido ao espaço limitado para estoque de seus produtos, foi utilizada a técnica apresentada por Zan & Sellitto (2007) de suavização do número de vendas, este que é indicada para produtos sazonais. As Figura 5 e Figura 6, representam de forma gráfica as previsões para as vendas com a suavização dos picos encontrados por meio de curvas polinomiais, sendo estas utilizadas como base para definição dos lotes de produção mensais para cada família. A Figura 5 apresenta o gráfico de vendas para o ano de 2020 da família Vermelha, com base nos dados foi criada uma perspectiva polinomial de ordem 4, a equação utilizada é apresentada no gráfico. Com isso pode-se obter uma suavização das vendas, auxiliando assim na determinação da demanda planejada para os meses do ano.



**Figura 5.** Gráfico de suavização polinomial – Família Vermelha

Fonte: Elaborada pelos Autores (2020).

O mesmo foi desenvolvido para as famílias Azul e Verde (ver **Erro! Fonte de referência não encontrada.**6). Para a família Azul foi utilizada uma linha polinomial de ordem 6 (Ver Equação 1), e para a Verde foi utilizada um polinômio de ordem 5 (Ver Equação 2), sendo que estas se apresentaram melhores para as condições estipuladas. A determinação da quantidade das ordens, foi realizada a partir do valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) que deve ser o mais próximo de 1 (un).



**Figura 6.** Gráfico de suavização polinomial – Famílias Azul e Verde

Fonte: Elaborada pelos Autores (2020).

$$y = -0,0116x^6 + 0,4344x^5 - 6,2862x^4 + 44,493x^3 - 160,25x^2 + 273,89x - 88,75 \quad (R^2 = 0,6448) \quad 1)$$

$$y = 0,014x^5 - 0,4083x^4 + 4,1662x^3 - 17,454x^2 + 28,502x \quad (R^2 = 0,6138) \quad 2)$$

A partir das as equações apresentadas, calculam-se as demandas previstas para cada período sazonal, substituindo-se na equação, o mês correspondente (x). Assim a partir da suavização das vendas, foram redefinidos os valores para as Produções Planejadas (PP) de cada família, estes são apresentados na

Tabela . As Vendas Perdidas (VP) continuam zeradas, pelo PP conseguir atender a totalidade das demandas em todos os meses.

**Tabela 9**

Plano de produção após suavização polinomial das famílias Vermelha, Verde e Azul, 2020

Família Vermelha	Período	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
	DP	50	57	73	86	79	58	70	84	76	85	87	44
DR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
EI	15	25	28	35	29	20	32	32	18	17	17	5	
PP	60	60	80	80	70	70	70	70	75	85	75	55	
EF	25	28	35	29	20	32	32	18	17	17	5	16	
VP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
V	50	57	73	86	79	58	70	84	76	85	87	44	
Família Azul	Período	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
	DP	64	85	80	82	85	69	95	69	50	87	91	52
DR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
EI	15	21	16	16	14	9	20	5	6	26	9	8	
PP	70	80	80	80	80	80	80	70	70	70	90	60	
EF	21	16	16	14	9	20	5	6	26	9	8	16	
VP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
V	64	85	80	82	85	69	95	69	50	87	91	52	
Família Verde	Período	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
	DP	9	12	18	14	19	16	16	33	50	16	19	53
DR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
EI	10	31	49	41	37	38	42	46	43	18	17	3	
PP	30	30	10	10	20	20	20	30	25	15	5	50	
EF	31	49	41	37	38	42	46	43	18	17	3	0	
VP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
V	9	12	18	14	19	16	16	33	50	16	19	53	

Fonte: Elaborada pelos Autores (2020).

Como consequência da utilização da técnica de suavização polinomial, foi possível otimizar a Produção Mensal Total (PMT), conforme observado na Tabela 10, que apresenta um comparativo do PMT para cada mês e Estoque Final (EF) antes e depois do ajuste, pode-se observar que após a aplicação da ferramenta, a produção passou de 170 equipamentos, obtidos com uma produção linear, para 160 no mês de janeiro, e 165 no mês de dezembro, fazendo com que a produção opere abaixo da capacidade máxima, já a média do EF, passou de 34 equipamentos, para 22, reduzindo-o em aproximadamente 35%.

**Tabela 10**

Comparativo do total de produção e estoque final antes e depois da suavização polinomial

Período		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Antes	PMT	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170
	EF	37	43	42	38	34	43	39	34	32	26	17	24
Depois	PMT	160	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	165
	EF	26	31	31	27	22	31	28	22	20	14	5	11

Fonte: Elaborada pelos Autores (2020).

A partir da aplicação do plano de produção, observa-se que com o estudo e aplicação de ferramentas voltadas para o planejamento e otimização do processo, pôde-se diminuir a capacidade produtiva e o estoque final dos meses, de modo que a empresa sofra menos com a restrição do espaço limitado, e podendo adiantar algumas atividades nos meses que não opera com capacidade máxima, onde os operadores poderão trabalhar de forma mais pacífica, podendo evitar erros provenientes de atrasos na produção.

#### **4.3.2 Plano-mestre da produção**

O Plano-Mestre da Produção (PMP) para Tubino (2017), é responsável por desmembrar o plano de produção, afim de criar um planejamento a médio prazo, analisando a capacidade produtiva com as demandas, e criando um *link* a curto prazo, desagrupando as famílias em produtos únicos para iniciar a programação da produção.

Para o desenvolvimento do PMP, são utilizadas tabelas no levantamento das necessidades, de produto a produto, com base na Demanda Prevista (DP), Estoque Inicial (EI), Produção Planejada (PP) e Estoque Final (EF). Na elaboração destas foi utilizado o valor de vendas do ano anterior dos equipamentos, para cada mês, multiplicando-os pelo percentual de aumento médio de sua respectiva família. Somando os valores da demanda prevista dos equipamentos que compõem cada família, obtêm-se o valor da DP utilizado no plano de produção. A

Tabela 1 representa a elaboração do PMP para os cinco equipamentos base desta pesquisa, definidos anteriormente (A, B, C, D e K).

**Tabela 11**

PMP para os equipamentos (A, B, C, D e K)

Equipamento	Período	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
	A	DP	34	33	51	58	33	22	35	38	58	56	76
EI		10	17	19	23	19	16	20	20	14	13	13	3
PP		41	35	56	54	29	27	35	32	57	56	66	38
EF		17	19	23	19	16	20	20	14	13	13	3	10
Equipamento	Período	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
	B	DP	16	24	22	28	46	36	35	46	18	29	11
EI		5	8	9	12	10	4	12	12	4	4	4	2
PP		19	25	24	26	41	43	35	38	18	29	9	18
EF		8	9	12	10	4	12	12	4	4	4	2	6
Equipamento	Período	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
	C	DP	25	27	34	35	36	28	41	24	12	23	28
EI		5	7	6	6	5	3	7	1	1	6	1	1
PP		27	25	34	34	34	32	35	24	17	19	28	20
EF		7	6	6	5	3	7	1	1	6	1	1	4
Equipamento	Período	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
	D	DP	39	58	46	47	49	41	54	45	38	64	63
EI		10	14	10	10	9	6	13	4	5	20	8	7
PP		43	55	46	46	46	48	45	46	53	51	62	40
EF		14	10	10	9	6	13	4	5	20	8	7	12
Equipamento	Período	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
	K	DP	9	12	18	14	19	16	16	33	50	16	19
EI		10	31	49	41	37	38	42	46	43	18	17	3
PP		30	30	10	10	20	20	20	30	25	15	5	50
EF		31	49	41	37	38	42	46	43	18	17	3	0

Fonte: Elaborada pelos Autores (2020).

A

Tabela 1 apresenta o PMP para cada modelo de equipamento base, definindo o Estoque Inicial (EI) necessário no primeiro mês (janeiro), a Produção de Planejada (PP) mensal necessária para que não ocorra um Estoque Final (EF) grande, e nem negativo, o que significaria uma perda de venda no mês. Para o cálculo da PP no plano-mestre, foi considerado o valor obtido a partir da Produção Planejada no plano de produção, multiplicado pelo percentual que esse valor representa na demanda total do mês, de sua respectiva família, também apresentada no plano de produção. O EI do mês de janeiro, foi distribuída uma quantidade maior, para os equipamentos com número de vendas mais significativos, resultando em um estoque mais elevado entre os meses, sendo aproveitado como um estoque de segurança. Para a família Vermelha o equipamento A, se apresentou com maior valor de EI, para família Azul, o maior valor se apresentou no equipamento D, e como na família Verde há apenas o equipamento K, os dados representados são os mesmos definidos no plano de produção, para sua família.

#### 4.3.3 Programação da produção

Na Tabela 12 é apresentada um panorama geral da programação da produção, onde são apresentadas os níveis de produção semanal, esta pode ser utilizada como modelo para realização das próximas programações. O motivo pela abordagem da programação ser realizada de maneira superficial, é devido à falta de informações levantadas na empresa, como o *lead time* das operações, as demandas semanais, os tempos de atividades, entre outras.

**Tabela 12**  
Programação da produção para janeiro de 2020

Mês de referência Janeiro		Semana				Produção mensal	PP
		1º	2º	3º	4º		
Equipamentos	A	11	10	10	10	41	41
	B	5	5	5	4	19	19
	C	6	6	7	8	27	27
	D	10	11	11	11	43	43
	K	8	8	7	7	30	30
Produção semanal		40	40	40	40		

Fonte: Elaborada pelos Autores (2020).

Conforme observado na Tabela 12 a programação da produção foi desenvolvida para o mês de Janeiro, com base na Produção Planejada (PP), obtida a partir do plano-mestre da produção para os equipamentos base. A definição dos valores semanais de produção foi distribuída de forma média para as 4 semanas, buscando o menor valor total da produção semanal. Obteve-se um valor de 40 equipamentos semanais, que representa aproximadamente 89% da capacidade máxima de produção semanal da empresa em estudo. A Produção mensal, que é a soma das quantidades produzidas por semana, deve ser igual ou superior a PP, para conseguir atender as demandas totais. A partir desse modelo, pode-se estimar uma programação da produção genérica, para os demais meses do ano. Visando o auxílio da programação da produção, será utilizada a ferramenta PERT/CPM, adaptando-a para os dados levantados, para encontrar o caminho crítico das atividades realizadas pelo setor de produção e montagem.

A elaboração dessa ferramenta, necessita da apresentação das atividades realizadas para finalização de um equipamento, seja apresentada de forma detalhada. Com base no nas informações sobre as atividades macro do setor de produção e montagem (ver Tabela 3) foram discriminadas as atividades para produção do equipamento A, conforme mostra a Tabela 13, que ilustra as atividades necessárias para produção completa do equipamento, suas dependências e o percentual de tempo que cada atividade exige, por meio da distribuição igualitária do percentual encontrado anteriormente.

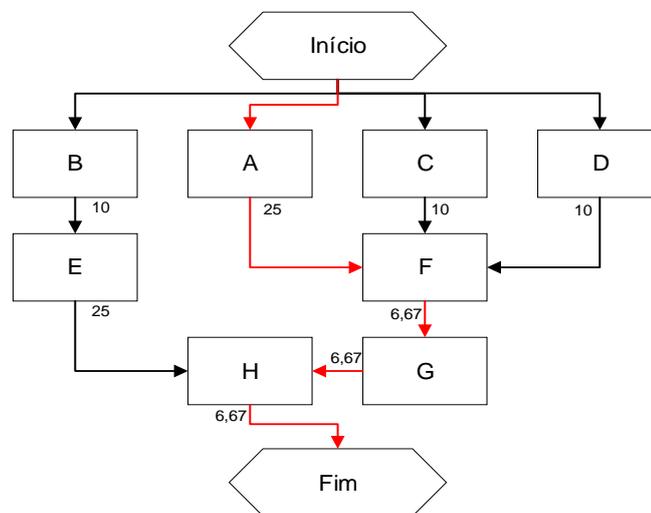
**Tabela 13**  
Atividades para produção do equipamento A

Atividades		Dependência	Tempo (%)
A	Produção dos cabos, chicotes, fios, entre outros	Não sofre dependência	25
B	Polimentos	Não sofre dependência	10
C	Pré-montagem das chapas metálicas	Não sofre dependência	10
D	Pré-montagem dos componentes plásticos	Não sofre dependência	10
E	Produção dos cabeçotes, aplicadores, entre outros	B	25
F	Montagem do equipamento	A, C, D	6,67
G	Montagem das placas eletrônicas	F	6,67
H	Finalização do equipamento	E, G	6,67

Fonte: Elaborada pelos Autores (2020).

A Tabela 13 apresenta as atividades realizadas para produção do equipamento A, não necessariamente na ordem listada, onde para as atividades de polimento e pré-montagem dos componentes plásticos, há a necessidade do material adquirido pela terceirização da usinagem

e para a atividade C, surge a necessidade do material adquirido pelo corte a *laser*, também proveniente de terceirização. As demais atividades, ocorre a dependência sobre as atividades listadas anteriormente. Nesta definição foi distribuído o percentual das macro atividades da Tabela 3, entre suas respectivas micro atividades. Com isso pode-se criar um fluxo de atividades, para aplicação da ferramenta PERT/CPM, onde foi possível apresentar o caminho crítico do processo, com base no percentual do tempo necessário por cada atividade, conforme mostra a Figura 7.



**Figura 7.** Caminho crítico das atividades do equipamento A

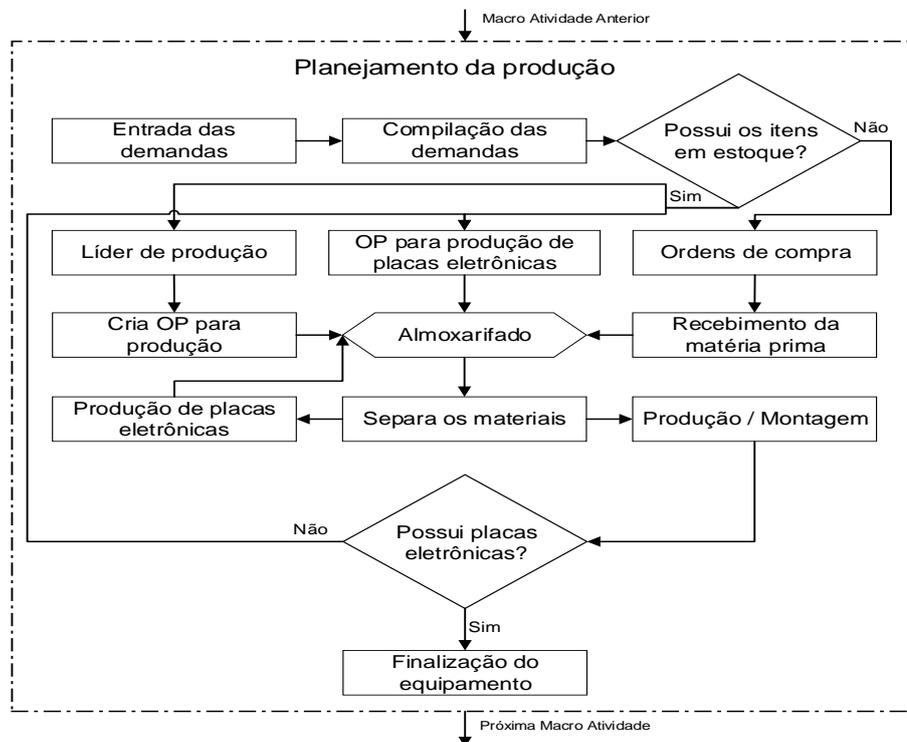
Fonte: Elaborada pelos Autores (2020).

Conforme mostra a Figura 8, a partir dos percentuais de tempo de processo e das dependências que uma atividade exerce sobre a outra, foi possível traçar o caminho crítico, que representa o trajeto mais longo até sua conclusão. A partir disso, pode-se observar que a atividade A, de produção de cabos, chicotes, entre outro, é uma das principais responsável pelo tempo elevado nesse caminho, reforçando a iniciativa de adoção pela terceirização deste processo, para otimizar o tempo total, aumentando a capacidade da manufatura do equipamento.

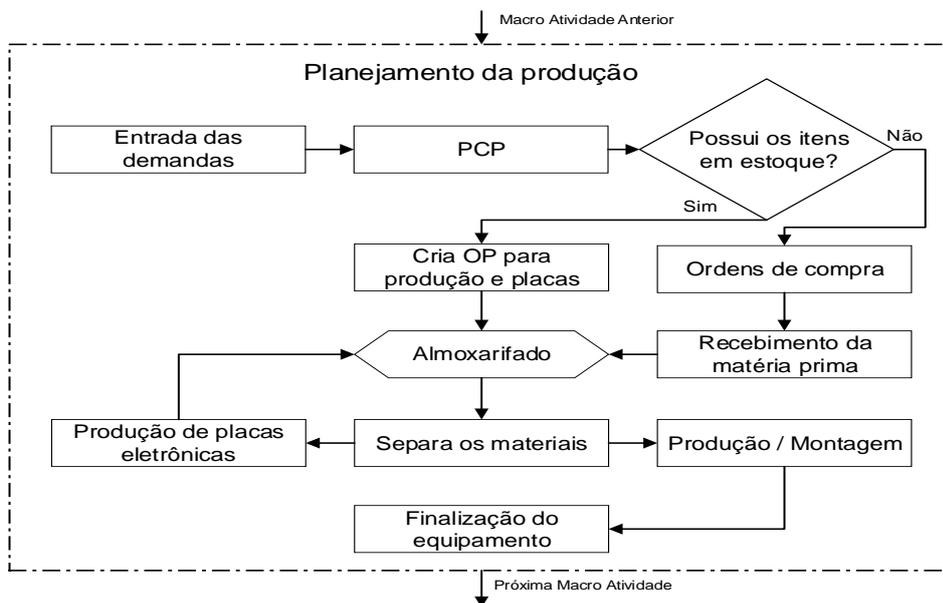
#### 4.4 Otimização do fluxo de planejamento da produção

Visando obter uma maior fluidez para o fluxo das informações na área de planejamento da produção, realizou-se a otimização do fluxograma do planejamento da produção apresentando no capítulo 4.1.2 (ver Figura ), visando minimizar o número de atividades, e redistribuindo a responsabilidade de setores que realizam tarefas de competência do PCP. A

Figura 8 apresenta esse comparativo entre o fluxo atual, e a proposta de otimização para esse fluxo de informações.



(A) Fluxo atual do planejamento da produção



(B) Fluxo otimizado para o planejamento da produção

**Figura 8.** Comparativo do fluxo atual e otimizado do planejamento da produção

Fonte: Elaborada pelos Autores (2020).

Através da otimização do fluxo de planejamento da produção atual, foi possível diminuir duas atividades que anteriormente estavam sobre a responsabilidade da produção, uma delas foi a transmissão das demandas para o líder de produção, se houvessem os itens necessários em estoque, e a partir dela, a outra seria a criação das OP's pelo mesmo. Assim, com a eliminação, ambas as atividades passam a ser responsabilidade do setor de PCP, que cria as OP's e introduz no início do fluxo de planejamento, refletindo em uma otimização de aproximadamente 18%. Com a introdução do PCP, este realizará com base no plano-mestre e plano de produção os planejamentos de forma mais coerente e concreta, não resultando no momento que o setor de produção e montagem for iniciar a finalização dos equipamentos, na falta de placas eletrônicas, ou outros materiais, o que levaria à criação de novas OP's e ordens de compra, o que gera atrasos no fluxo das atividades. Por meio do desenvolvimento e aplicação das ferramentas, pode-se observar a necessidade emergente que as empresas tem sobre a implantação de um setor responsável pelo planejamento e controle da produção, pois depender apenas do conhecimento intrínseco de cada funcionário, faz com que a empresa se torne ligada a ele, não abrindo margens para o desenvolvimento de melhorias.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou estudar o Planejamento e Controle da Produção (PCP), visando otimizar o processo de tomada de decisões e o sequenciamento de atividades da produção. Por meio desse desenvolvimento, foi possível realizar o levantamento dos dados de capacidade produtiva, das demandas dos anos anteriores e previsões das demandas para anos seguintes. Para o desenvolvimento do PCP, foram abordados os temas de modo que fosse possível construir um planejamento e controle adequado para as necessidades encontradas na empresa, partindo de técnicas como o levantamento de suas características, sua estrutura, apresentação do *layout* da área produtiva, as demandas dos anos anteriores e a lógica de sequenciamento das atividades utilizada.

Além das técnicas citadas anteriormente, foram utilizadas ferramentas mais específicas para o desenvolvimento do PCP, como histórico de vendas, a partir da média dos anos anteriores, para definição do percentual de aumento, queda ou constância nas vendas, a seleção dos equipamentos com maior impacto, sendo estes no faturamento final ou na quantidade de vendas mensais, bem como o agrupamento dos mesmos selecionados em famílias, por meio da similaridade de tratamento realizado. Outras ferramentas utilizadas foram a realização da previsão das demandas futuras por meio do percentual encontrado no histórico de vendas, o desenvolvimento do plano de produção, por meio da demanda, capacidade produtiva e da consideração do percentual de aumento de vendas anual sobre os equipamentos e a criação do plano-mestre de produção, desmembrando o plano de produção, para restringir as ações que a empresa deverá realizar posteriormente.

Mediante a aplicação destas técnicas pode-se concluir que o objetivo geral deste trabalho foi atendido, obtendo um planejamento e controle da produção fundamentado, onde, se houverem desligamentos de colaboradores da empresa, não haverá impactos substanciais no planejamento dos processos, pois os dados se encontram registrados e teoricamente comprovados, não estando ligados a conhecimentos empíricos de responsáveis dos setores, atendendo as necessidades emergentes da empresa. Com o auxílio da responsável do setor financeiro da empresa, foi possível, a partir dos dados registrados de vendas de 2016 até 2019, e do faturamento da empresa, estruturar o histórico de vendas, levantar a capacidade máxima produtiva que ela possui, sendo está de aproximadamente de 1.800 equipamentos, bem como

levantar as características do modo que a produção opera, sendo guiada pela entrada das demandas, caracterizada então como produção puxada.

Por meio do histórico de vendas, que para os anos aplicados nesta pesquisa foi em média 1.600 equipamentos, foi realizada a previsão das demandas até 2030, com base na estimativa do percentual de aumento sobre as vendas, levantado para as famílias de equipamentos definidos. Baseado na literatura foi possível avaliar o sistema produtivo da empresa e desenvolver, alinhado as demandas futuras e na capacidade produtiva, um plano de produção que atendesse as necessidades imediatas do setor responsável para as famílias consideradas no ano de 2020. Foram traçadas duas possibilidades, uma produção linear, igual para todos os meses, e um plano de produção a partir da suavização polinomial do gráfico de demanda prevista. A primeira solução garante uma produção constante, mas com elevada quantidade de estoque para os nove primeiros meses, já a segunda solução, além de diminuir em 35% a média de estoque, nos meses de janeiro e dezembro consegue reduzir a produção, em 6% e 3% respectivamente.

A partir do plano de produção, foi confeccionado o plano-mestre da produção, desmembrando o plano inicial, e realizando o planejamento da produção para cada tipo de equipamento definido, garantindo que a produção cumpra as demandas sem que ocorram grandes estoques finais e perda nas vendas. Com a definição da produção necessária para cada equipamento pelo plano-mestre, foi realizada a programação da produção semanal para um dos equipamentos definidos, a fim de criar um modelo para possível aplicação em toda a linha de produção da empresa. A partir das atividades necessárias para manufatura do equipamento programado, foi utilizada a ferramenta PERT/CPM, para verificação do caminho crítico, possibilitando a identificação da atividade mais impactante no tempo de produção. Mediante a definição dessa atividade, que se refere a atividade indicada para terceirização, pode-se observar a importância da aplicação da solução de investimento em terceirização.

Posteriormente foi realizada a otimização do fluxo de informações realizadas pelo setor de planejamento da produção, onde obteve-se um nível maior de fluidez das informações, com uma otimização de aproximadamente 18%, com a readequação de atividades, e a introdução do setor de PCP, que é indispensável para as empresas que visam disputar seu espaço no mercado, mantendo seus nomes em destaques para com o seu setor de atividade. Com a área de PCP, a empresa terá a possibilidade de aplicar outras ferramentas em seus

demais setores, visto que a partir dos resultados desse trabalho, há uma clara defasagem na produção, que com o aumento nas demandas, não conseguirá atendê-las dentro dos prazos estipulados.

Na aplicação das ferramentas foram encontradas limitações, devido à falta de dados, como observado na programação da produção, onde devido a empresa não possuir dados estruturados de tempo de *setup*, demanda semanal, *lead times*, e outras variáveis, não foi possível a criação da programação segundo as teorias apresentadas por Tubino (2017). Dificuldades envolvendo a terceirização das atividades, e investimento em novas tecnologias, foram enfrentadas no momento de propor soluções para a produção, devido ao tempo insuficiente para orçar as atividades com demais empresas, os custos envolvendo por exemplo, a produção das atividades secundárias, e verificação do maquinário mais adequado para introdução na linha de produção, visando aumento na capacidade produtiva.

## REFERÊNCIAS

- Barreto, E.G.L.; Santos, R.L.S.; Menezes, V.L. & Silva, R.M. (2010). A melhoria do processo produtivo em uma empresa de fast food através do PERT/CPM. *Revista Gestão Industrial*, Curitiba, 6(4), 231-245.
- Batista, J.A.; Nunes, D.L. & Tamaki, D.M.C. (2017). Estudo de caso: Implantação da ferramenta MRP em uma empresa do setor Elétrico de Itajubá. *Anais do Congresso de Engenharia de Produção*, Ponta Grossa. PR, Brasil, 7.
- Batista, M.N. & Campos, D.C. (2016). *Metodologias de Pesquisa em Ciências: análise quantitativa e qualitativa*. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC.
- Bezerra, F.M. (2014). *Planejamento e controle da produção em uma pequena organização produtiva: da concepção à implantação*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Chiavenato, I. (2008). *Planejamento e Controle da Produção*. 2. ed. São Paulo: Manole.
- Flick, U. (2009). *Introdução à pesquisa qualitativa*. 3. ed. Rio Grande do Sul: Artmed.
- Gil, A.C. (2009). *Estudo de Caso*. 1. ed. São Paulo: Atlas.

- Slack, N.; JONES, A.B. & Johnston, R. (2018). *Administração da Produção*. 8. ed. São Paulo: Atlas.
- Tubino, D.F. (2017). *Planejamento e Controle da Produção: Teoria e prática*. 3. ed. São Paulo: Atlas.
- Vergara, W.R.; Teixeira, R.T. & Yamanari, J.S. (2017). Análise de risco em projetos de engenharia: uso do PERT/CPM com simulação. *Exacta*, 15(1), 74-88.
- Zan, G. L. & Sellitto, M. A. (2007). Técnica de previsão de demanda: um estudo de caso triplo com dados de vendas de materiais eletro-mecânicos. *Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas*, 0(3), 95-106.