CENTRO UNIVERSITÁRIO FEI

DAIANE DE SOUZA SANTOS

GIORDANO DA SILVA DIERCHX

JOÃO PAULO PADILHA PALERMO

JÚLIO CÉSAR FEIJÓ

ANÁLISE DO IMPACTO NA VELOCIDADE DE PROGRAMAÇÃO DE PRODUÇÃO COM IMPLEMENTAÇÃO DE UM SOFTWARE APS.

São Bernardo do Campo

2020

DAIANE DE SOUZA SANTOS

GIORDANO DA SILVA DIERCHX

JOÃO PAULO PADILHA PALERMO

JÚLIO CÉSAR FEIJÓ

ANÁLISE DO IMPACTO NA VELOCIDADE DE PROGRAMAÇÃO DE PRODUÇÃO COM IMPLEMENTAÇÃO DE UM SOFTWARE APS.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário FEI, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Produção. Orientado pela Prof ª. Kumiko Oshio Kissimoto.

São Bernardo do Campo

2020

FICHA CATALOGRÁFICA

ANÁLISE DO IMPACTO NA VELOCIDADE DE PROGRAMAÇÃO DE PRODUÇÃO COM IMPLEMENTAÇÃO DE UM SOFTWARE APS / DAIANE DE SOUZA SANTOS...[et al.]. SÃO BERNARDO DO CAMPO, 2020.
88 p. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso - Centro Universitário FEI.
Orientadora: Prof.ª Kumiko Oshio Kissimoto.

1. PROGRAMAÇÃO . 2. PCP . 3. APS . 4. PRODUÇÃO. 5. TEMPO. I. DE SOUZA SANTOS, DAIANE. II. SILVA DIERCHX, GIORDANO. III. PADILHA PALERMO, JOÃO PAULO. IV. CÉSAR FEIJÓ, JÚLIO. V. Oshio Kissimoto, Kumiko, orient. VI. Título.

DAIANE DE SOUZA SANTOS

GIORDANO DA SILVA DIERCHX

JOÃO PAULO PADILHA PALERMO

JÚLIO CÉSAR FEIJÓ

ANÁLISE DO IMPACTO NA VELOCIDADE DE PROGRAMAÇÃO DE PRODUÇÃO COM IMPLEMENTAÇÃO DE UM SOFTWARE APS.

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Centro Universitário FEI, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Comissão julgadora

_____

Orientador e presidente

_____

Examinador (1)

_____

Examinador (2)

São Bernardo do Campo

2020

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

RESUMO

Com as grandes transformações e facilitações carregadas junto ao processo de globalização, as empresas precisam lidar com mercados cada vez mais exigentes em relação a competitividade, somado a existência de processos produtivos muitos complexos e catálogos de produtos cada vez mais extensos, levaram ao desenvolvimento de soluções digitais que são capazes de tratar simultaneamente os diversos recursos, processos e operações. O papel dos softwares de programação e planejamento avançados APS, é fornecer apoio e agilidade na gestão dos recursos e tomada de decisões. Este trabalho apresenta aspectos conceituais de planejamento e controle da produção, capacidade finita e sistemas APS, objetivando aprofundar o conhecimento acerca da implementação de softwares APS e analisar o ganho de tempo na programação de produção. O trabalho conta com uma pesquisa aplicada em uma empresa produtora de vidros do ramo automotivo, que dada a necessidade de diminuir o tempo requerido para programação da produção realizou a implementação do software Drummer APS como ferramenta para programação de uma linha de produção. O software se mostrou apto a resolver os problemas impostos pelos processos de uma produção complexa e com o mix variado. A utilização do software APS para realizar a programação de produção, trouxe uma redução de 51% do tempo em comparação ao método manual, com potencial aumento com a implementação das outras linhas da empresa.

Palavras-chave: Programação. PCP. APS. Produção. Tempo.

ABSTRACT

With great transformations and facilities carried over the globalization process, such as companies that deal with increasingly demanding markets in relation to expectations, added to the experiences of different production processes and increasingly extensive product catalogs, led to the development of digital solutions that can handle multiple resources, processes and operations. The role of advanced APS programming and planning software is support and agility in resource management and decision making. This work presents conceptual aspects of production planning and control, financial capacity and APS systems, aiming to deepen the knowledge about the implementation of APS software and to analyze the time saving in production programming. The work contains an applied research in an automotive glass production company, and there is a need to reduce the time needed for programming the production performed and the implementation of the Drummer APS software as a programming tool for a production line. The software proved adequate to solve the problems imposed by complex production processes and with a varied mix. The use of the APS software to carry out the production schedule, resulted in a 51% reduction in the comparison time of the manual method, with the potential to increase with the implementation of other lines of the company.

Keywords: Programming. PCP. APS. Production. Time.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Rede de Relações do PCP 17
Figura 2 - Sistema "*Just-in-Time*" 20
Figura 3 - Explosão do Produto – MRP 22
Figura 4 - Funcionamento de um sistema MRP II 24
Figura 5 - Estrutura conceitual dos sistemas ERP. 29
Figura 6 - Estrutura do sistema APS 32
Quadro 1 – Comparação entre sistemas APS e MRP 33
Quadro 2 - Benefícios da utilização do APS 34
Quadro 3 - Classificação dos sistemas de capacidade infinita 36
Quadro 4 - Modelo de implementação x vantagens e desvantagens 47
Quadro 5 - Parâmetros definidos pela empresa para inserção no software APS 69
Quadro 6 - Parâmetros móveis a serem inseridos no software Drummer APS 69
Figura 7 - Fluxo de operação do sistema Drummer APS 39
Figura 8 - Primeira fase da metodologia de implementação do software APS 42
Figura 9 - Segunda fase da metodologia de implementação do software APS 45
Quadro 4 - Modelo de implementação x vantagens e desvantagens 47
Figura 10 - Equipe do projeto da implementação do software Drummer APS 49
Figura 11 - Fluxo de Produção Laminado da empresa XPTO-A 51
Figura 12 - Diagrama de fluxo de PCP da empresa XPTO-A 53
Figura 13 - Diagrama de fluxo de processo da empresa XPTO-A 53
Figura 14 - Formato da planilha da carteira de pedidos da empresa XPTO-A 54
Figura 15 - Planilha de GANTT de produção da empresa XPTO-A 54
Figura 16 - Formulário de preenchimento de tempo de atividades 55
Figura 17 - Análise dos tempos das atividades de programação da empresa XPTO-A 56
Figura 18 - Formulário de levantamento dos problemas do PCP da empresa 57

Figura 19 - Resultado da pesquisa de levantamento dos problemas do PCP 58
Figura 20 - Tela de importação de dados do software Drummer APS 60
Figura 21 - Tela de dados do centro de trabalho do software Drummer APS 61
Figura 22 - Tela de dados dos itens do software Drummer APS 62
Figura 23 - Identificação do gargalo de produção na linha LL09 da empresa 63
Figura 24 - Tela de definição de política de sequenciamento no software 64
Figura 25 - Tela de inserção de parâmetros de redução de setup do software 66
Figura 26 - GANTT de produção com parâmetros de agrupamento zerados 66
Figura 27 - Gráfico de GANTT com horizonte de agrupamento de 15 dias 68
Figura 28 - Tela de inserção do calendário por centro de trabalho do software 68
Quadro 5 - Parâmetros definidos pela empresa para inserção no software APS 69
Quadro 6 - Parâmetros móveis a serem inseridos no software Drummer APS 69
Figura 29 - Tela de processamento da programação do software Drummer APS 70
Figura 30 - Tempo de processamento do software Drummer APS 70
Figura 31 - Carteira de pedidos do período programado na linha LL09 71
Figura 32 - Gráfico de GANTT realizado manualmente pelo programador 71
Figura 33 - Gráfico de GANTT do Teste 1 exibido pelo software Drummer APS 72
Figura 34 - Gráfico de GANTT do Teste 2 exibido pelo software Drummer APS 73
Figura 35 - Gráfico de GANTT do Teste 3 exibido pelo software Drummer APS 74
Figura 36 - Gráfico de GANTT do Teste 4 exibido pelo software Drummer APS 74
Figura 37 - Comparação entre os gráficos de GANTT gerados 75
Figura 38 - Análise dos tempos de programação utilizando software Drummer APS 77
Figura 39 - Comparação entre os tempos de programação manual e do software 77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tempos de atividades para programação da empresa XPTO-A.....56

Tabela 2 - Parâmetros de agrupamento utilizados no teste 1 72

Tabela 3 - Parâmetros de agrupamento utilizados no teste 2 72

Tabela 4 - Parâmetros de agrupamento utilizados no teste 3 73

Tabela 5 - Parâmetros de agrupamento utilizados no teste 4 74

Tabela 6 - Tempos de programação utilizando software Drummer APS.....76

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 13

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA E OBJETIVOS 14

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 16

2.1 O PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO 16

2.2 SISTEMAS DE ADMINISTRAÇÃO E COORDENAÇÃO DE ORDENS 18

2.3 ESTRATÉGIAS DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO 19

2.3.1 *JUST-IN-TIME* 19

2.3.1.1 Sistema Kanban 21

2.3.2 Sistema MRP 21

2.3.3 Teoria das Restrições - TOC 24

2.3.3.1 Indicadores da TOC 25

2.3.3.2 Os cincos passos da TOC para melhoria contínua 26

2.3.3.3 Sistema OPT 27

2.4 SISTEMA DE PLANEJAMENTO DE RECURSOS EMPRESARIAIS 28

2.5 SISTEMAS DE CAPACIDADE FINITA 30

2.5.1 Sistema avançado de planejamento e programação – APS 31

2.5.1.1 Vantagens e barreiras de sistemas de capacidade finita 33

2.6 SOFTWARES DE CAPACIDADE FINITA 35

2.6.1 Software PREACTOR APS 38

2.6.2 Software SCHEDULER APS 38

2.6.3 Software DRUMMER APS 38

3 METODOLOGIA DE PESQUISA 41

3.1 METODOLOGIA DE IMPLEMENTAÇÃO 41

4 PESQUISA APLICADA 48

4.1 A EMPRESA E SUA LINHA DE PRODUTOS 48

4.2 ETAPAS DE IMPLEMENTAÇÃO DO SOFTWARE APS 48

4.2.1 Etapa 1 – Formação da equipe de trabalho 49

4.2.2 Etapa 2 - Comprometimento dos envolvidos 49
4.2.3 Etapa 3 – Nivelamento da equipe de trabalho 49
4.2.4 Etapa 4 – Levantamento das características atuais do PCP 50
4.2.4.1 Características do processo produtivo da empresa XPTO-A 50
4.2.4.2 Características do PCP da empresa XPTO-A 51
4.2.5 Etapa 5 – Levantamento dos problemas atuais do PCP 56
4.2.6 Etapa 6 – "*Brainstorming*" 58
4.2.7 Etapa 7 - A escolha pelo sistema APS 58
4.2.8 Etapa 8 - Forma de integração do software 59
4.2.9 Etapa 9 - Inserindo dados no sistema 60
4.2.10 Etapa 10 - Definindo regras de sequenciamento e variáveis do processo 62
4.2.11 Etapa 11 - Testes 69
4.2.12 Etapa 12 - Implementação 77
4.3 RESULTADOS 78
5 Conclusão 80
REFERÊNCIAS 83
Anexo A – Matriz de respostas do questionário de levantamento dos problemas de PCP da empresa XPTO-A. 86
Anexo B – PlanIlha com tempos de programação manual medidos. 86
Anexo C – PlanIlha com tempos de programação com utilização do software medidos. 86
Anexo D – PlanIlha de dados da programação do Teste 1 86
Anexo E – PlanIlha de dados da programação do Teste 2 86
Anexo F – PlanIlha de dados da programação do Teste 3 87
Anexo G – PlanIlha de dados da programação do Teste 4 87

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, com os avanços tecnológicos e constantes transformações impostas pela globalização, as empresas precisam se manter competitivas em relação a custos, prazo, qualidade, confiabilidade e outros aspectos que são exigidos pelo mercado. Assim, para que uma empresa tenha destaque no mundo atual, é necessária ter uma boa integração entre suas diversas áreas produtivas e administrativas. Os sistemas de planejamento e controle da produção são essenciais nos processos produtivos e são os que mantêm interligados os vários recursos produtivos (pessoas, equipamentos, materiais, espaço de armazenagem, entre outros). É através deles que as organizações conseguem tomar decisões adequadas às necessidades e objetivos estratégicos que o mercado requisita (SOUSA, 2012).

De acordo com Zattar (2004), quando surgiram os primeiros sistemas de administração e programação da produção, foram as restrições de capacidade e velocidade de processamento que fizeram com que grande parte dos problemas a serem tratados fossem simplificados para que pudessem ser atendidos pela tecnologia da época. No entanto, os problemas e a complexidade de programação e sequenciamento da produção vêm aumentando com o tempo e tem sido temas de imensa preocupação no cenário industrial, fomentando inúmeras pesquisas acerca do tema (ERHART, FAÉ e MENESES, 2007).

Segundo Harrison (1993) as complexidades que dificultam um sequenciamento e programação ótimos são: o balanceamento do fluxo com a capacidade dos gargalos produtivos, a sincronização dos recursos que não são gargalos, o planejamento em pequenos lotes, o tempo gasto com setup quando são trabalhados diversos mix (variedade) de produção e a sincronização entre o lead time da produção e de entrega. De acordo com Pedroso e Corrêa (1996), as complexidades citadas acima impactam decisões rotineiras da área de PCP como “o que, quanto, quando e onde produzir e/ou comprar”. Estas decisões definem quatro índices fundamentais de desempenho: os volumes e saúde dos estoques de matérias-primas, produtos em processo e acabados; os níveis de utilização da capacidade produtiva; o nível de atendimento aos clientes; e a competência quanto à reprogramação da produção e seu tempo de resposta.

De acordo com Élida (2011), a gestão dos estoques tem, além da preocupação com quantidades dentro do nível de segurança, a contínua busca pela redução dos valores monetários dos estoques, a autora ainda relata que muitas organizações chegam a falência por imobilizar elevadas somas de capital em estoques, o que acarretou na falta de recursos para capital de giro. Quanto maior o catálogo de produtos e componentes da empresa, mais difícil se torna o controle preciso das necessidades e disponibilização dos produtos no tempo e quantidade necessários. A

complexidade dos processos, armazenamento e clientes aumentam e a cada restrição que surge aumenta o grau de dificuldade e o tempo requerido.

Segundo Sousa (2014), os sistemas APS (*Advanced Planning and Scheduling)* ou Sistemas de Planejamento e Programação Avançados, são sistemas especialistas em planejamento e programação avançado de operações que potencializam o trabalho dos programadores de produção através de interfaces intuitivas com o usuário. Estas ferramentas aplicam o conceito de programação de capacidade finita e são capazes de trabalhar com diferentes variáveis de um sistema produtivo. Variáveis estas, essenciais para realizar um plano de produção que seja viável e eficaz.

Atualmente, diversos sistemas identificados como APS vem sendo desenvolvidos para atender à crescente competitividade no mercado (ZATTAR, 2004). Segundo Pedroso e Corrêa (1996), o mercado apresenta centenas de alternativas de aplicativos para auxiliar e otimizar o sequenciamento e programação, a decisão sobre qual sistema adotar, deve considerar a multiplicidade de soluções hoje existentes, assim como a adequação destas ao ambiente em questão da empresa.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA E OBJETIVOS

Com as dificuldades descritas e a necessidade de destaque perante o mercado atual surge o questionamento sobre como obter uma programação e sequenciamento da produção que atenda eficazmente às expectativas tanto de clientes como da própria empresa, levando em conta as várias restrições e variáveis nos processos, os diferentes clientes e produtos variados e a necessidade de velocidade.

Diante deste problema, o presente trabalho tem como objetivo geral, aprofundar o conhecimento acerca da implementação de softwares APS e analisar o ganho de tempo na programação de produção com a implementação de software.

Com a finalidade de alcançar o objetivo proposto, os seguintes objetivos específicos também serão abordados:

a) estudar a teoria de diversos métodos e sistemas básicos e avançados de programação, controle e sequenciamento;
b) entender as filosofias em que cada sistema estudado se baseia;
c) identificar as principais dificuldades para implementar corretamente um sistema APS;

d) analisar os possíveis problemas que podem surgir com o processo de implementação e;
e) comparar os tempos entre a programação realizada manualmente e com o software.

Os passos acima possibilitarão uma maior compreensão do uso dos sistemas APS auxiliando a ressaltar a importância de uma pesquisa bem elaborado e mapeamentos bem definidos na implementação de qualquer sistema avançado de planejamento e programação da produção.

Para alcançar os objetivos propostos, uma pesquisa aplicada será conduzida em uma fábrica de vidros automotivos que atende o mercado de montadoras no Brasil e exportação, embasado em uma linha específica de produtos (Para-brisas) para formar um modelo de dados e possibilitar a comparação entre os tempos de programação após a implementação de software de programação e sequenciamento avançado da produção.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Dada a alta competitividade no mercado, indústrias e empresas encontram-se incentivadas a entrarem em uma constante busca por vantagens competitivas como qualidade, custo, flexibilidade e prazos de entrega (SIMÕES, 2013). Foi deste cenário que resultou um aumento significativo nos avanços em pesquisas e desenvolvimentos de novos modelos de planejamento e controle da produção (PCP). O presente capítulo apresenta os principais conceitos e pilares do PCP, bem como a sua influência fundamental na produção.

2.1 O PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

Segundo Martins e Laugeni (2005), para engrandecer-se no mercado e conseguir vender os bens e serviços, os sistemas de PPCP (Planejamento, Programação e Controle de Produção) possuem papel fundamental no planejamento e controle dos recursos do processo produtivo com finalidade de gerar esses bens e serviços que serão vendidos.

O PCP pode ser definido como uma atividade, moldada da interação entre diversas áreas com funções relacionadas, que tem como objetivo comandar, coordenar e decidir a alocação adequada dos recursos do processo produtivo, conciliando as demandas do mercado e a capacidade da empresa ou indústria de supri-las.

De acordo com Fernandes e Filho (2017), o PCP é um elemento fundamental para uma gestão eficiente e para tomada de decisões, pois por intermédio dele há um acompanhamento maior das atividades desempenhadas pelo setor de produção. Desde o planejamento da matéria-prima, da carteira de pedidos, do tempo de processamento, da capacidade instalada, do roteiro de fabricação até o acompanhamento da qualidade, dos níveis de produção e estoque, durante todo o processo.

Além disso, o PCP, pelo próprio nome, também é uma ferramenta de controle, que busca constantemente analisar a produção com intuito de evitar a formação de produtos contendo erros e desvios que comprometam o desempenho da organização. Outra função importante na parte de controle é a delimitação do estoque, este é fundamental que esteja bem gerenciado e alinhado para atender as demandas externas e não gerar insatisfações de clientes.

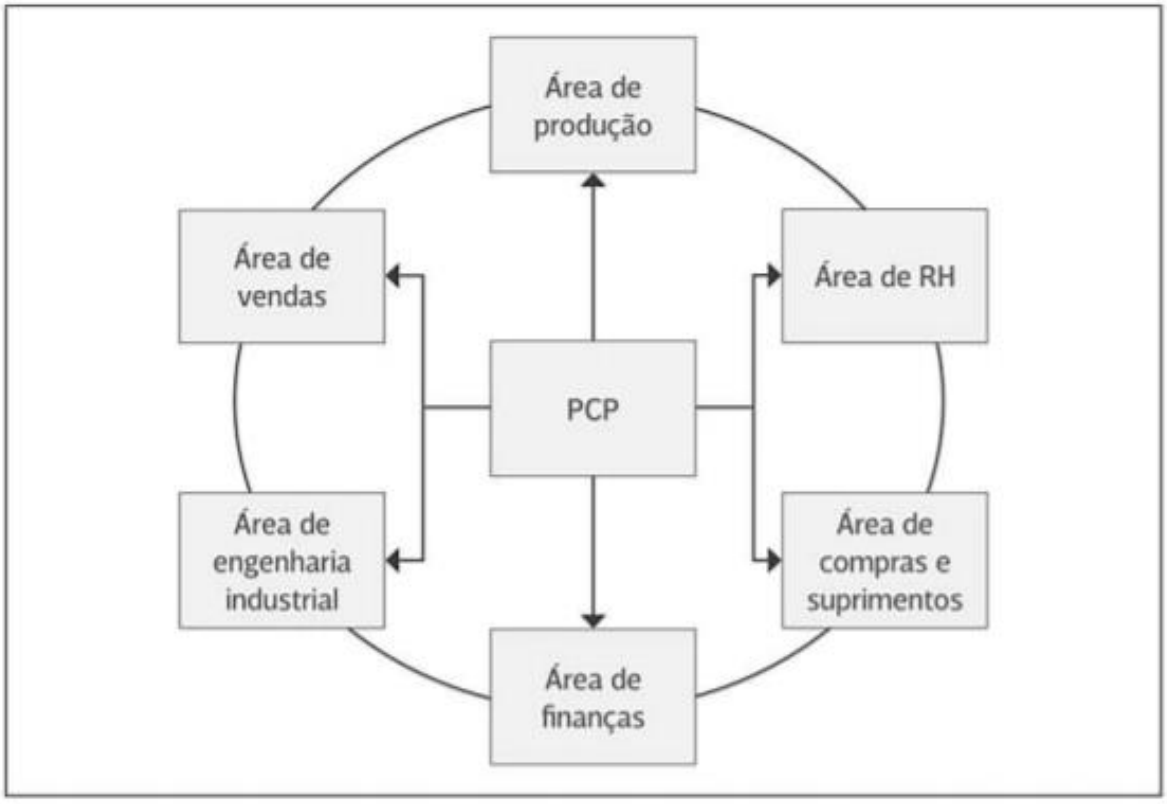
Chiavenato (2017) ressalta que o PCP tem como propósito aumentar a eficiência e a eficácia do processo produtivo da empresa, e descreve, portanto, uma dupla finalidade: atuar sobre os meios de produção para aumentar a eficiência e cuidar para que os objetivos de produção sejam plenamente alcançados para aumentar a eficácia.

Outra grande vantagem do PCP é que não existe um modelo único e perfeito ou um padrão a ser seguido, como antes se acreditava. Para Chiavenato (2017), o PCP está profundamente ligado ao sistema de produção adotado pela empresa, e possui como funções melhorar sua funcionalidade e atender perfeitamente suas características.

Atualmente as empresas escolhem dentre os modelos e sistemas desenvolvidos aquele que mais atende suas peculiaridades e limitações. Os proventos colhidos são reflexos do nível de integração dos setores da empresa com os métodos de controle, planejamento e sequenciamento. Segundo Martins e Laugeni (2005), caso o sistema adotado para o desenvolvimento do PCP seja inadequado ou apresente características funcionais divergentes das necessidades do ambiente, a estratégia empresarial poderá ser comprometida.

Para Chiavenato (2017), a área de PCP estabelece uma rede de relações com as demais áreas da empresa, e estas inter-relações ocorrem pelo fato de o PCP almejar utilizar racionalmente os recursos empresariais, sendo eles materiais, humanos, financeiros entre outros. A Figura 1, ilustra esta rede de relações do PCP.

Figura 1 – Rede de Relações do PCP



Fonte: Chiavenato, 2017.

Destas inter-relações deriva-se uma importante etapa do processo de PCP que é a aplicação das ordens de execução da produção emitidas pelo sistema.

Para Chiavenato (2017), as ordens de execução refletem as decisões previamente tomadas pelo PCP destinadas aos órgãos executores, visando o melhor desenvolvimento e aproveitamento possível de todo o processo produtivo, por meio da coordenação e, sobretudo, sinergia.

Uma das dificuldades mais presentes na área de PCP das indústrias é justamente no desempenho dos relacionamentos entre as áreas integradas, dado que são diversas áreas atuando no processo produtivo em constante negociação e divulgação de dados. A automatização do processamento destes dados pode ser uma boa alternativa para minimizar este empecilho, no entanto ainda é fundamental que haja uma boa comunicação entre as áreas envolvidas de forma que cada vez mais seja incentivado a troca de dados, ao invés de sua segregação.

Dada a atuação completa do PCP no sistema produtivo, partindo desde antes do início da produção até depois da finalização e sua inter-relação com os demais setores, este programa possibilita a obtenção da máxima eficiência do processo de produção da empresa (CHIAVENATO, 2017).

Diante do que foi apresentado até o momento, é possível afirmar que o PCP é uma peça essencial para o aumento da produtividade das indústrias. Por meio dele é possível estabelecer o ritmo ótimo da produção, controlar o nível de estoque ideal para suprir a demanda, reduzir desperdícios evitando produções de peças defeituosas ou com desvios, promover a integração entre diferentes setores da empresa e auxiliar na tomada de decisões estratégicas.

2.2 SISTEMAS DE ADMINISTRAÇÃO E COORDENAÇÃO DE ORDENS

“Um sistema de coordenação de ordens programa ou organiza/explode as necessidades em termos de componentes e materiais, e/ou controla a emissão/liberação das ordens de produção e compra, e/ou programa/sequencia as tarefas nas máquinas.” (FERNANDES E FILHO, 2007, p.338).

Portanto, o sistema de administração e coordenação de ordens basicamente consiste na fragmentação da programação definida pelo PCP, e designação de sua execução para os respectivos órgãos envolvidos direta e indiretamente, no devido tempo.

Segundo Chiavenato (2017), existem vários tipos de ordens que o PCP adota:

a) ordem de produção (OP): comunicação enviada para a seção produtiva autorizando-a a executar determinado volume de produção;
b) ordem de montagem (OM): OP destinada aos órgãos de compras produtivas de montagem ou de acabamento;

c) ordem de compra (OC): comunicação enviada ao órgão de compras para que se compre matéria-prima (MP) ou material;
d) ordem de serviços (OS): comunicação sobre prestação interna de serviços, como serviço de inspeção de qualidade, serviço de reparo ou de manutenção de máquinas;
e) requisição de materiais (RM): comunicação que solicita matéria-prima ou material do almoxarifado para alguma seção produtiva.

Dado que o fluxo das ordens é rotineiro e constante, diversos formulários são enviados para todos os respectivos setores. Desta forma, estes sabem exatamente quais tarefas executar e principalmente quando executar, proporcionando assim maior coordenação e integração entre as áreas do processo produtivo. A execução destas ordens depende das estratégias que uma empresa adota em relação ao PCP, que serão discutidas no tópico seguinte.

2.3 ESTRATÉGIAS DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

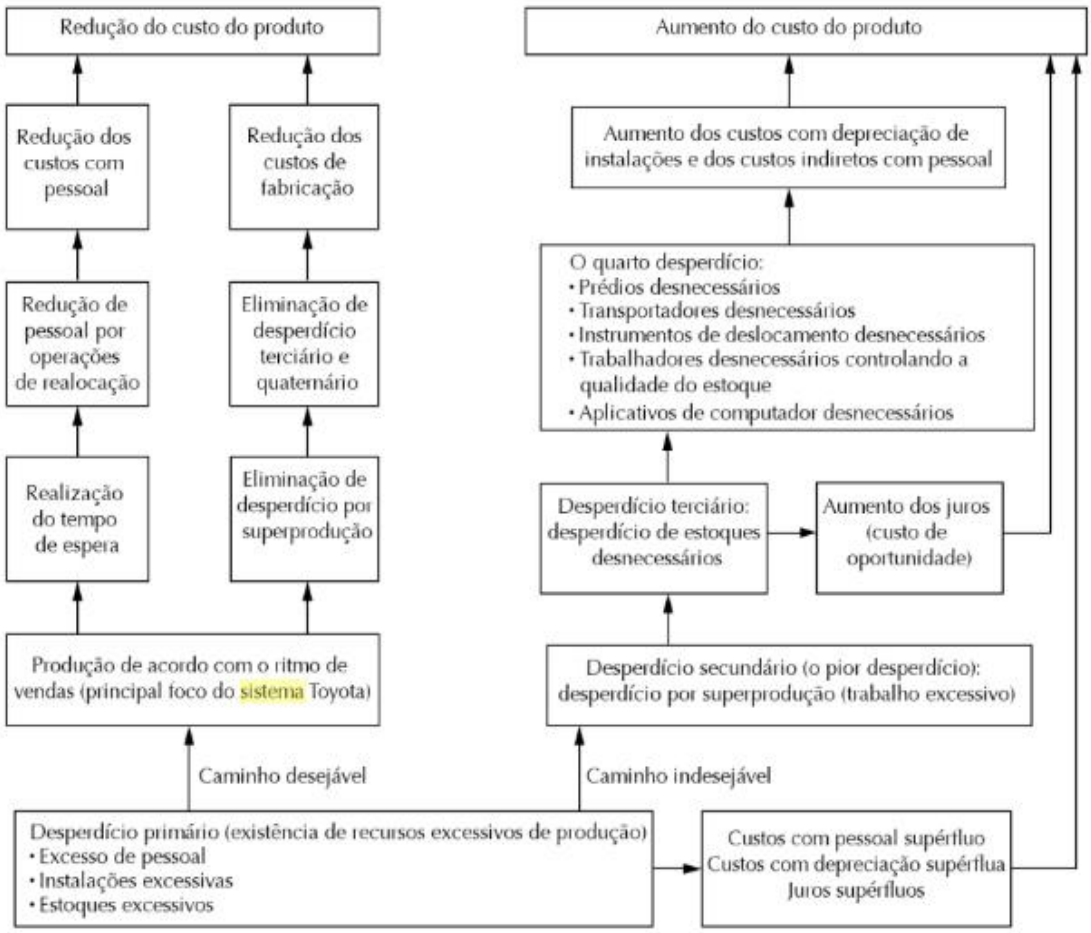
Neste tópico serão apresentadas as principais estratégias adotadas no PCP bem como a relação com os seus respectivos sistemas de coordenação de ordens.

2.3.1 *JUST-IN-TIME*

O Sistema JIT (*just-in-time*), desenvolvido na década de 70 pela Toyota Motor Company, no Japão, é um sistema de administração da produção fundamentado nos princípios da redução completa de desperdícios e na produção enxuta. Este modelo pioneiro se baseia na união dos pilares da abordagem clássica dos modelos de produção, alguns pontos da abordagem alternativa e assimilações com a cultura japonesa.

Segundo Martins e Laugeni (2005), o modelo visa, sobretudo, o combate aos chamados sete desperdícios da produção, sendo estes toda atividade que consome recursos e não agrega valor ao produto: superprodução, estoques, espera, transporte, movimentações desnecessárias, superprocessamento e retrabalho. Importante ressaltar que o JIT entende estes desperdícios como efeitos e não a causa. Os esforços empregados no JIT são no sentido de identificar e combater as causas raiz dos problemas que irão consequentemente diminuir os efeitos, ou seja, os desperdícios. Com a expansão do conceito no decorrer dos anos, atualmente é mais identificado como uma filosofia gerencial, que busca não apenas eliminar os desperdícios, mas também conduzir o componente certo, no lugar certo e na hora certa. A Figura 2 representa um sistema com o JIT, e outro sem.

Figura 2 - Sistema "*Just-in-Time*"



Fonte: Monden, 2015.

Para atender seus objetivos, o sistema JIT propõe a redução do tempo de fluxo da produção e explora a capacidade de seus operários de formas diferentes dos modelos alternativos em vigor. Apesar da operação dos funcionários continuar padronizada e definida, no JIT o operário tem maior autonomia e liberdade para tomar decisões, além de poder propor melhorias, visando uma maior qualidade. O grande objetivo do JIT é a redução de estoques e dos problemas atrelados a eles, como por exemplo, problemas de qualidade dos produtos, problemas de quebras de máquinas e problemas de preparação de máquinas.

Segundo Chiavenato (2017), o modelo JIT é mais indicado para produção repetitiva e contínua, pois exige um plano mestre estável e permanente. Além disso, dirige ao conceito de fábrica enxuta, ou seja, dimensiona o sistema de manufatura e serviços exatamente para as necessidades atuais, dispensando desperdícios e acréscimos desnecessários.

O sistema JIT afeta praticamente todos os aspectos da operação de uma fábrica, desde fornecedores e tamanhos de lote até relações trabalhistas. Tanto os efeitos quanto os benefícios

são de consequências profundas, giros de estoque de 50 a 100 vezes por ano, qualidade superior e substanciais vantagens de custo (15% a 30%) (MARTINS e LAUGENI, 2005).

No JIT, a coordenação das ordens ocorre por meio de um sistema de cartões denominado de Sistema *Kanban* que organiza a execução das ordens utilizando a lógica da produção puxada por meio de um sistema visual de cartões. Este sistema será mais bem explicado no tópico seguinte.

2.3.1.1 Sistema Kanban

De acordo com Tubino (2009), a lógica de programação puxada é normalmente operacionalizada com o sistema *Kanban*, sendo este um sistema de programação inicialmente pensado por Taiichi Ohno, no Japão. *Kanban* na língua japonesa significa marcador (cartão, sinal ou placa) utilizado para controlar a ordem dos trabalhos em um processo sequencial. É importante ressaltar que o *Kanban* é um subsistema do JIT, porém os dois termos não são sinônimos.

O sistema *Kanban* basicamente funciona tomando decisões baseadas nos níveis de estoque, onde todos os operadores de máquinas e fornecedores recebem as ordens de fabricação, por meio dos cartões *Kanban*, dos postos de trabalho subsequentes. Caso haja uma pausa em algum setor da produção, este deixará de enviar cartões *Kanban* para a área precedente, e com o tempo, toda a produção será parada (MARTINS e LAUGENI, 2005).

Segundo Martins e Laugeni (2005) o objetivo deste sistema é sinalizar para os outros setores a necessidade de mais material e assegurar a entrega das peças no tempo certo para os postos subsequentes, de forma que, estes consigam terminar e entregar o produto no prazo devido.

O sistema K*anban* é ideal para produções com demandas diárias estáveis e repetitivas, dado sua inter-relação entre os setores produtivos, sua praticidade gerada pelo apelo visual (cartões coloridos) e *modus operandi*. Além disso, este sistema considera possibilidade de alterações na fábrica e partilha dos mesmos interesses do JIT buscando reduzir os desperdícios gerados na produção.

2.3.2 Sistema MRP

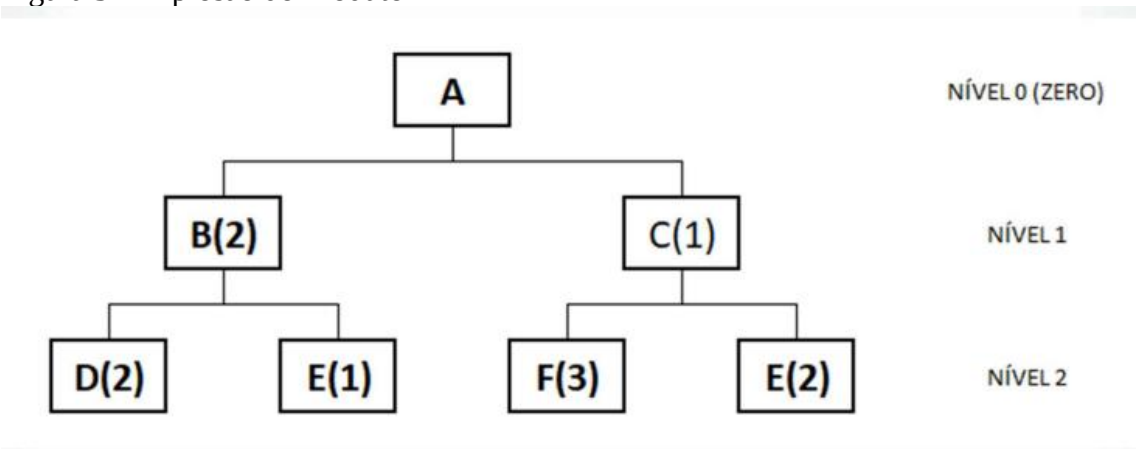
Segundo Fernandes e Godinho (2017), o MRP *(Material Requirements Planning)* é considerado um sistema de grande porte baseado na decisão da produção dos produtos acabados

(MPS). Este sistema permite que seja determinado de forma automática o melhor momento do que e do quanto produzir ou comprar os diversos itens semiacabados, componentes e matérias-primas. Uma aplicação comum do MRP é o controle das ordens de compra de variedades altas ou muito altas de itens classe A e B[1] (sistema de suprimento não repetitivo) com durações dos lead-times de suprimentos bastante diferentes entre os itens, já os classe C[2] poderiam ser controlados pelo sistema de revisão contínua e/ou periódica.

De acordo com Martins e Laugeni (2005) durante a definição e posterior implantação de um sistema MRP feito sob encomenda (customizado), alguns aspectos devem ser cuidadosamente levados em consideração a fim de que se obtenha o sucesso: Um sistema MRP, para ser bem elaborado, depende de informações fornecidas por diferentes departamentos como a Lista de Materiais (BOM - "*Bill off material*") que informa quais e quantos componentes devem ser produzidos e/ou comprados; informações acerca dos níveis de estoques de componentes e matéria-prima; a saída do plano mestre de produção (MPS) que informa o que/quando/quanto efetivamente deve ser produzido; e os tempos necessários (lead time) de produção e compras. Todas estas informações devem ser continuamente atualizadas e checadas para que o MRP possa gerar as ordens de produção e/ou compras viáveis.

O sistema MRP trabalha com o conceito de "explosão do produto" que mostra de forma visual todos os componentes necessários para a produção de um determinado produto (Figura 3).

Figura 3 - Explosão do Produto – MRP



Fonte: Martins e Laugeni, 2005.

[1] Itens Classe A e B: produtos que possuem, respectivamente, alto e médio valor do estoque.

[2] Itens Classe C: produtos com pouco valor do estoque.

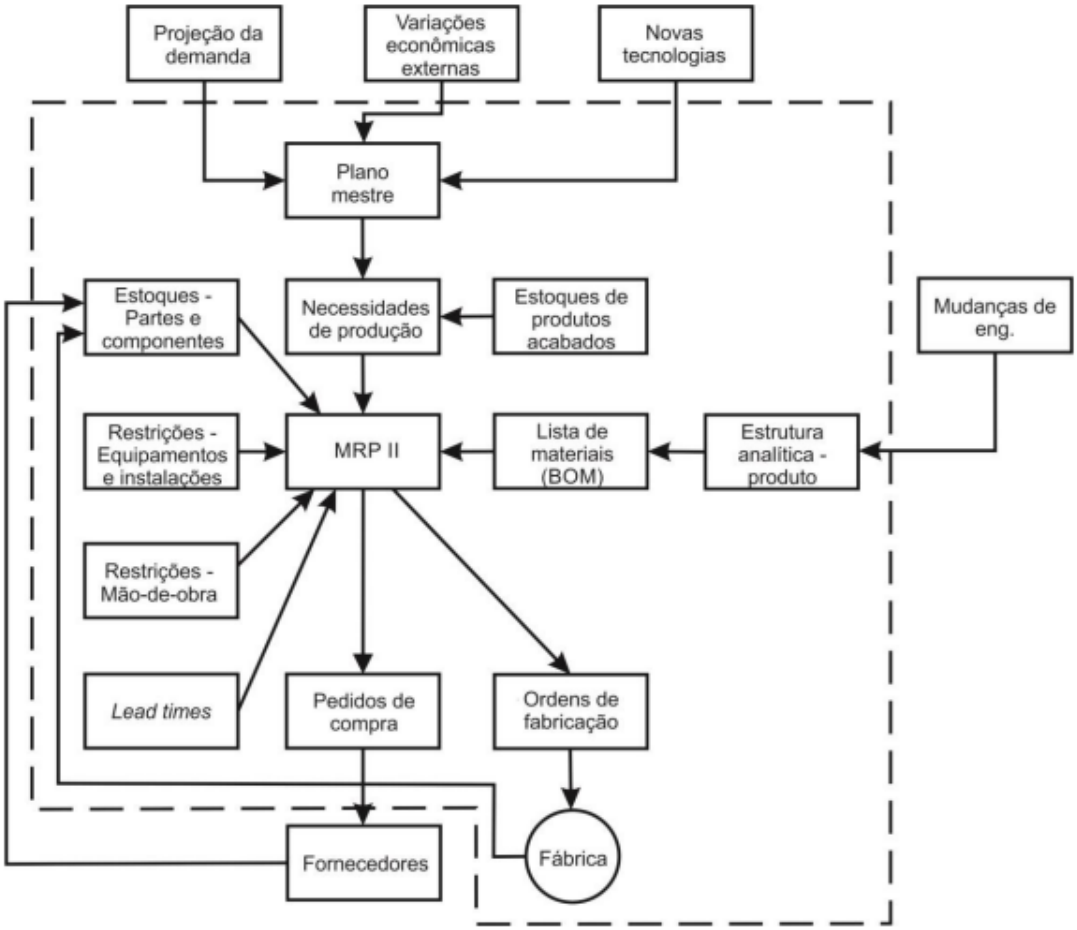
O sistema MRP tem como principal pilar a filosofia de planejamento, onde o foco está na elaboração de um plano de suprimento de materiais. Apesar de considerar a fábrica estática ou imutável, este modelo permite a utilização de softwares modernos e é apropriado para produção em demandas variáveis e de itens complexos devido a utilização da denominada "explosão" dos produtos.

Com o passar dos anos, na década de 80, o sistema MRP começou a apresentar limitações, principalmente porque o sistema trabalhava com o conceito de capacidade infinita, ou seja, não levava em conta as restrições de capacidade do sistema produtivo. O sistema MRP II buscou corrigir esta limitação, passando a considerar as restrições de capacidade ao gerar as ordens de produção.

O MRP II busca responder se há capacidade produtiva na fábrica para executar as ordens de produção e qual o melhor encadeamento para tratar as produções. O encadeamento nada mais é do que o sequenciamento que melhor otimiza a linha de produção, ou seja, busca utilizar ao máximo a capacidade do chão de fábrica. Geralmente os sistemas APS são utilizados em conjunto com o MRP II para atingir os resultados e eficiência esperados.

Para Martins e Laugeni (2005), os sistemas MRP e MRP II são mais indicados para empresas que trabalham com muitos produtos que possuem componentes dependentes, sendo a lista de materiais a principal informação contida nos mesmos, dado que qualquer alteração ou erro nela pode resultar no não atendimento do cliente. A Figura 4 ilustra o funcionamento de um sistema MRP II.

Figura 4 - Funcionamento de um sistema MRP II



Fonte: Martins e Laugeni, (2005).

2.3.3 Teoria das Restrições - TOC

Segundo Faé e Erhart (2005) uma grande parte dos softwares APS utilizam os fundamentos da teoria das restrições, método de administração da produção. Assim sendo, para entender o funcionamento de um sistema APS, é preciso entender os conceitos e princípios da Teoria das Restrições.

De acordo com Goldratt e Cox (2003), a teoria das restrições (TOC – *Theory of Constraints*) é um jeito de pensar o negócio a partir da física, no qual todo sistema possui um elo mais fraco e que precisa ser fortalecido, para que isso aconteça é necessário que o elo seja melhorado, pois assim o sistema não sofrerá nenhuma alteração. Com base nessa ideia inicial, foi desenvolvida uma teoria para que as empresas melhorem sua lucratividade.

O conceito que deu origem ao TOC começou a ser desenvolvida no final dos anos 70 por um grupo de pesquisadores israelenses, no qual criaram um software Tecnologia da Produção Otimizada (OPT), que consistia em diversos princípios para a otimização da

produção. A partir deste ponto, Goldratt ampliou a técnica OPT, transformando-a no que é conhecido hoje como a Teoria das Restrições, que se torna uma filosofia de gerenciamento global. Com isso, a TOC aumenta seu campo de atuação, que vai além da produção, vai para empresa toda e assim estabelece os conceitos de sua teoria (ZATTAR, 2004).

Goldratt e Cox (2003) afirmam que a meta de uma organização é de sempre tentar aumentar os lucros dela. Para isso acontecer, é preciso considerar que o desempenho de uma organização é determinado pelas restrições. Segundo Zattar (2004), a TOC tem como princípio de que qualquer sistema possua pelo menos uma restrição, porque senão este sistema teria uma capacidade infinita.

Uma restrição é alguma coisa que limita um sistema de conseguir um desempenho melhor em relação à sua meta. As restrições podem ser físicas, como matéria-prima e funcionários, ou não físicas, como procedimento e políticas da empresa (GOLDRATT, 1991).

2.3.3.1 Indicadores da TOC

Para obter um processo decisório visando uma melhor utilização desse conjunto de restrições deve-se basear em um sistema de indicadores. A lógica de indicadores da TOC é separada em dois níveis: indicadores globais e indicadores operacionais.

Dentro da filosofia da TOC a meta é ganhar dinheiro, os indicadores globais são, portanto, fundamentais para o sucesso da teoria. Esses indicadores são definidos como:

a) lucro líquido (NP – Net Profit);
b) retorno sobre o investimento (ROI – *Return on Investiment*);
c) fluxo de caixa (FC).

Segundo Rodrigues, Pantaleão e Schuch (2003), para garantir uma ligação entre os indicadores globais e as atividades diárias na empresa, a TOC propõe três indicadores operacionais, que são definidos como:

a) ganho (G): é todo dinheiro gerado no sistema mediante às vendas da empresa;
b) inventário (I): representa somente o dinheiro investido na compra de itens em estoque;
c) despesas operacionais (DO): é o dinheiro gasto na produção para transformar os estoques em saídas.

O cálculo para determinar os indicadores globais é feito da seguinte forma:

a) lucro líquido: $NP = G - DO$;

b) retorno sobre o investimento: $ROI = \frac{G-DO}{I}$ ou $ROI = \frac{NP}{I}$;

c) fluxo de caixa: aumenta quando o Ganho é maior ou quando há a diminuição do Inventário e das Despesas Operacionais.

Estes indicadores de desempenho são definidos desta maneira para auxiliar o sistema de produção a focar nas atividades que realmente melhoram o objetivo da empresa que é na geração de lucro.

2.3.3.2 Os cincos passos da TOC para melhoria contínua

Como a TOC se baseia em uma ideia de que uma empresa é formada por diversos elos que estão interligados por um conjunto de atividades (ALVES et al., 2010). Então para conseguir melhorar este conjunto, é preciso aperfeiçoar o elo mais fraco da corrente, que neste caso, é uma restrição. A utilização dos cinco passos da TOC é essencial para identificar a restrição e melhorar o sistema continuamente.

De acordo com Goldratt e Cox (2003), os cinco passos da TOC tem como objetivo identificar, controlar e gerenciar da melhor forma possível as restrições. Os cinco passos são:

a) identificar as restrições do sistema: elas podem ser internas ou externas;
b) explorar da melhor forma possível as restrições dos sistemas;
c) subordinar todos os demais recursos à decisão tomada no segundo passo;
d) elevar a capacidade das restrições do sistema;
e) voltar ao primeiro passo para não deixar a inércia tomar conta do sistema.

Para Zattar (2004), a TOC ainda sugere 9 fundamentos de otimização que devem ser seguidos, com o intuito de melhorar os três indicadores operacionais, e consequentemente, maximizar os indicadores financeiros:

a) balancear o fluxo do sistema;
b) o nível de utilização de um recurso não gargalo é determinado por uma restrição do sistema;
c) utilização e ativação de um recurso são diferentes;
d) tempo perdido no gargalo é tempo perdido no sistema inteiro;
e) tempo ganho em um recurso não gargalo é apenas uma ilusão;
f) os gargalos determinam o ganho e o inventário;
g) o lote de transferência tem que ser diferente do lote de processamento;
h) o lote de processo deve ser variável;

i) os programas devem ser preparados para considerar todas as restrições.

Empresas que aplicam os conceitos da Teoria das Restrições como uma ferramenta gerencial, tende a procurar e implantar sistemas que são baseados nessa filosofia. Com isso, a TOC é usada e apresentada em várias regras heurísticas nos mais diversos sistemas APS, sendo difícil saber se esses conceitos são baseados na TOC ou são de simplesmente bom senso (ZATTAR, 2004).

O tópico seguinte aborda em um pouco mais de detalhes o sistema OPT, que foi o primeiro sistema a utilizar o conceito da TOC.

2.3.3.3 Sistema OPT

De acordo com Zattar (2004), o sistema OPT foi um dos primeiros sistemas de capacidade finita a chegar no Brasil, sendo uma base para entendimento e desenvolvimento dos sistemas APS que são apresentados atualmente.

O OPT (*Optimized Production Technology*) é um sistema de controle de ordens que merece destaque, desenvolvido no final dos anos 70 pelo físico israelense Eliyahu Goldratt, este sistema apresenta uma técnica de gestão da produção baseada na gestão dos gargalos, ou seja, no gerenciamento da produção com ênfase nos recursos restritivos. Vale ressaltar que o gargalo pode ser localizado tanto internamente quanto externamente à organização.

O objetivo do sistema OPT pode ser dividido em três propósitos principais, sendo eles:

a) proporcionar o maior lucro líquido possível para empresa;

b) melhorar o retorno sobre o investimento;

c) melhorar o fluxo de caixa da empresa.

"O sistema OPT (*optimized production technology*) foca os esforços da empresa num único resultado: fazer dinheiro. Dessa forma, três indicadores financeiros são mais importantes: lucro líquido, retorno sobre investimento e fluxo de caixa" (MARTINS e LAUGENI, 2005, p.411).

Para atingir esses resultados, o sistema realiza uma série de transformações internas em alguns indicadores chave da empresa, como por exemplo, aumento do fluxo de produção, redução dos níveis de estoque e de despesas operacionais. Estes indicadores estão diretamente relacionados com os resultados financeiros da empresa, portanto sua manipulação irá influenciar prontamente o lucro, o retorno e o fluxo de caixa.

Diferentemente dos modelos tradicionais, que buscavam explorar ao máximo a capacidade produtiva das máquinas, o sistema OPT procura executar um fluxo de produção

mais suave, e se possível contínuo. Além disso, o nível de utilização dos equipamentos neste sistema é restrito conforme a capacidade produtiva do gargalo. Isso ocorre com o intuito de reduzir o acúmulo de estoques intermediários entre os equipamentos.

Conforme Martins e Laugeni (2005) o problema que o OPT trata são gargalos, podendo ser máquinas, níveis de demandas, entre outros, que afetam o desempenho global da empresa. Devendo ser tratados através dos 5 passos da TOC.

O OPT usa uma terminologia própria para explicar a forma que aborda o planejamento e controle da produção (Martins e Laugeni, 2005):

a) tambor: o gargalo numa produção se torna o tambor da mesma, batendo o ritmo para o restante da fábrica;
b) corda: o trabalho na linha é puxado pela corda no ritmo do tambor, e não conforme a capacidade instalada;
c) amortecedores: devem ser colocados amortecedores de estoque antes do gargalo de modo a evitar que ele nunca pare de trabalhar.

Segundo Maccarthy e Fernandes (2000), em relação à aplicabilidade do sistema OPT, ele é adequado para sistemas semi-repetitivos. A principal vantagem do sistema OPT é a sua praticidade na seleção dos limitadores da produção e a colocação de destaque deles. Quando combinados a uma metodologia de melhoria contínua, como o Kaizen, todos os esforços são focados neste único ponto, proporcionado maior eficácia na escolha e reduzindo os custos desnecessários em outros equipamentos. Dessa forma, o sistema se mostra mais eficiente quando aplicado em linhas de produção com alto nível de complexidade e grandes quantidades de estações de trabalho.

Segundo Martins e Laugeni, (2005), o sistema OPT pode proporcionar bons resultados quando utilizado em conjunto com o MRP, e não deve ser visto como alternativa substituta. Uma combinação interessante encontra-se combinando a simplicidade na focalização das restrições críticas e gargalos do sistema OPT facilitando a programação do sistema MRP em locais não-gargalo.

2.4 SISTEMA DE PLANEJAMENTO DE RECURSOS EMPRESARIAIS

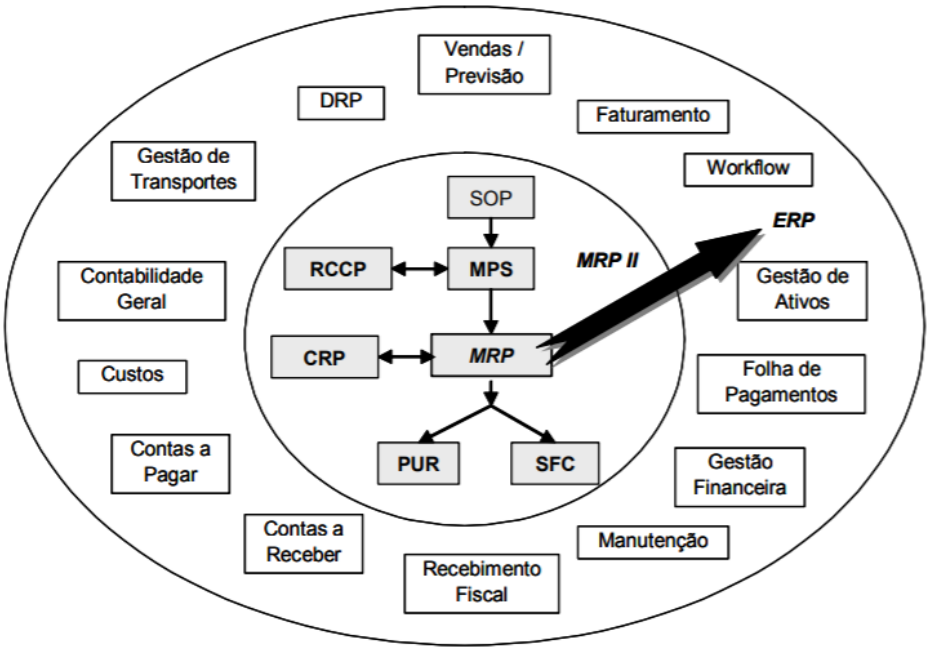
Os sistemas ERP podem ser definidos como sistemas de informações integrados, com o intuito de auxiliar na realização da maioria das operações de uma organização. O sistema é dividido em módulos que se interagem e utilizam a mesma base de dados, de modo que informações alimentadas em um módulo são exibidas para outros de forma instantânea. Além

disso, o sistema ERP proporciona ferramentas de planejamento e que podem analisar e melhorar a tomada de decisões (SOUZA, 2000).

Considerando que muitos processos estão interligados e que diversas áreas utilizam os mesmos dados, os sistemas ERP's caracterizam-se por ser uma ferramenta robusta nas empresas, fazendo com que evitem uma série de retrabalhos e problemas em comunicação (ZAGO, 2013).

Segundo Zattar (2004), os sistemas ERP's seguem a lógica natural do MRP e MRP II. Porém, o ERP vai além do que só processar informações de produção, o sistema agrega novas funções, em todas as áreas da empresa, no qual os dados são centralizados em um único lugar.

Figura 5 - Estrutura conceitual dos sistemas ERP.



Fonte: Correa, Gianesi e Caon (2001, p.319).

A implantação de ERP, em diversas plantas, é necessária uma grande atenção, porque existe particularidades locais de processos e culturais em que se devem ser considerados, para facilitar é recomendado que a implantação seja feita em fases. Portanto, as organizações enfrentam uma dificuldade considerável e um grande desafio em gerenciar estes projetos (UMBLE et al.,2003).

Contudo, o ERP, como o MRP II, apresenta deficiências e lacunas no processo de planejamento e controle da produção que são de extrema importância para conseguir ter um melhor desempenho e um planejamento mais robusto. Então, para conseguir preencher estes

defeitos, empresas estão à procura de sistemas APS, que irão complementar estes sistemas. Os sistemas APS não vieram para substituir os sistemas transacionais como o ERP, mas, ao contrário, os softwares APS utilizam as informações destes sistemas para poder fazer seus cálculos (DUMOND, 2005).

2.5 SISTEMAS DE CAPACIDADE FINITA

Os sistemas que têm como base o conceito de programação com capacidade finita são definidos pelo *Departament of Trade and Industry* (ENGLAND, 2002 *apud* FERREIRA e ZATTAR, 2004) como sistemas capazes de realizar a simulação dos processos de manufatura. Eles necessitam primordialmente, da entrada de dados de demanda, e seu objetivo principal e consequente output é um plano de produção. Como o modelo utilizado pelo software é restringido pelas limitações da produção ou fluxo determinado, por este motivo o termo Capacidade Finita, o resultado é um plano de produção viável.

Segundo Pedroso e Corrêa (1996), os sistemas de capacidade finita são aqueles onde o programa de produção resultante atende primeiramente as condições diversas e particulares do sistema produtivo modelado, tenha capacidade de lidar com múltiplos e conflitantes objetivos de desempenho do sistema de planejamento, programação e controle da produção. Seguindo a mesma ideia, Zattar e Sacchelli (2003), exibem que os sistemas de capacidade finita operam baseados em lógica de simulação o que permite que seja criado um modelo do sistema produtivo, que sejam obtidas as condições reais do sistema produtivo e sejam modeladas as saídas para tomada de decisões finais.

Uma programação e sequenciamento próximos do ótimo devem seguir algumas premissas, Harrison (1993), apresenta alguns pontos essenciais:

a) reconhecer os gargalos produtivos;
b) balancear o fluxo com os gargalos obtidos;
c) sincronizar as áreas sem restrições do gargalo e da demanda;
d) estocar tempo, não matéria-prima ou componentes;
e) planejar em lotes menores possíveis;
f) reconhecer a dependência do tempo de setup das operações;
g) reconhecer as diversas formas de restrições sejam internas ou externas.

Segundo Ferreira e Zattar (2004), os modelos de softwares de capacidade finita se dividem em dois tipos principais, o primeiro são os sistemas de capacidade finita, os quais consideram a capacidade do sistema de produção para a tomada de decisão, buscando garantir

que a programação da produção seja viável. Estes sistemas abrangem necessidades de muitas programações como os lead-times de fornecedores de matéria prima ou componentes da manufatura. O segundo modelo são softwares mais sofisticados, os sistemas de Planejamento Avançado (APS), que abrangem o conceito de capacidade finita para além da questão da capacidade produtiva em relação a demanda. Estes softwares consideram as restrições provenientes tanto do ambiente interno como do ambiente externo, como o fornecimento da matéria-prima, por exemplo. O planejamento das futuras entregas é elaborado de acordo com programação de produção realizada desde a programação da chegada dos suprimentos até a otimização da programação da produção. O tópico seguinte apresenta maiores detalhes sobre os sistemas APS.

2.5.1 Sistema avançado de planejamento e programação – APS

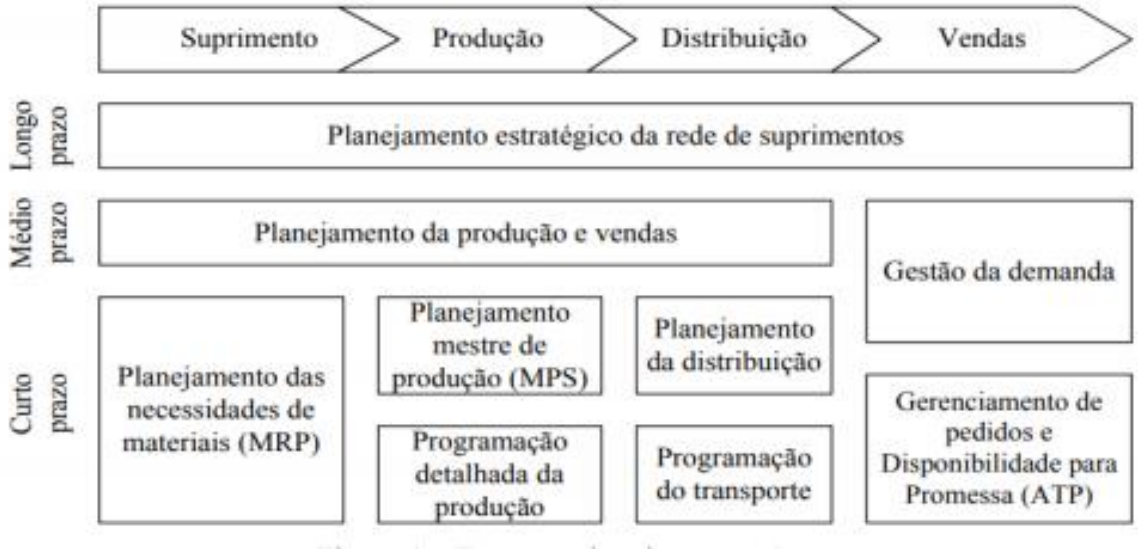
De acordo com Andrade, Zanoni e Marçola (2011), o termo "*Advanced Planning System*" que forma a sigla (APS), caracteriza um grupo de softwares digitais avançados que são específicos para o planejamento e sequenciamento de atividades, baseados no conceito de capacidade finita. Seguindo o mesmo conceito, porém apresentado por uma visão mais pratica do significado, Meneghello e Martins (2015), expõem que o termo APS é usado para se referir a sistemas que trazem soluções e facilidade a equipe de programação e controle da produção, pelo motivo de utilizarem o conceito de sequenciamento com capacidade finita, gerando o planejamento da produção com rapidez e alto grau de confiabilidade e precisão.

Segundo Andrade, Zanoni e Marçola (2011) foram nos anos de 1990 que foram lançados os primeiros sistemas *Advanced Planning and Scheduling*, dando origem ao termo APS. Desenvolvidos como uma ferramenta capacitada a resolver problemas complexos de planejamento de produção, capaz de suprir deficiências dos sistemas anteriores. Sobre seu campo de operação, Giacon e Mesquita (2011) explicam que sua aplicação abrange desde o nível estratégico até o nível operacional, a programação de chão de fábrica, dessa forma busca considerar todas as restrições existentes no processo, utilizando regras de sequenciamento, heurísticas e métodos de otimização.

Complementando o conceito, dos Santos, da Silva e Santos (2019), explicam que o APS não considera as capacidades como infinitas nem generaliza a importância dos clientes, produtos e materiais e sim atua considerando todas as restrições existentes, como a disponibilidade de matéria-prima, disponibilidade e capacidade das máquinas, níveis de serviço, níveis de estoque, custos, vendas e demanda.

Segundo Souza (2014), os sistemas APS apresentam pequenas variações em sua estrutura e geralmente são compostos por módulos, como mostrado na Figura 6 abaixo:

Figura 6 - Estrutura do sistema APS



Fonte: Sousa (2014).

Giacon e Mesquita (2011), apresentam as principais características presentes nos sistemas APS: o suporte à tomada de decisão a partir da simulação de programações considerando as restrições presentes, a resolução de problemas complexos, utilização da programação linear e de outras ferramentas, e são sistemas com grande velocidade de processamento.

As principais diferenças entre sistemas MRP e APS são exibidas no Quadro 1 de acordo com Giacon e Mesquita (2011).

Quadro 1 – Comparação entre sistemas APS e MRP

Tópico	MRP	APS
Abordagem	Planejamento sem considerar a capacidade dos recursos para a execução do plano	Planejamento fornece um plano exequível baseado nas limitações dos recursos
Foco	Coordenação da manufatura	Satisfação da demanda dos clientes
Aplicação	Manufatura discreta	Engloba diferentes indústrias
Natureza	Transacional	Analítico
Abrangência	Financeira, contábil, manufatura, RH	Cadeia de suprimentos (compras, produção e entrega)
Capacidade de Simulação	Baixa	Alta
Capacidade de otimização	Baixa	Alta
Velocidade de processamento	Baixa	Alta

Fonte: Giacon e Mesquita (2011).

De acordo com Quinn e Novels (2001), o planejamento de capacidade finita surgiu exatamente pela necessidade, como uma resposta às limitações do planejamento de capacidade infinita que trabalha com a suposição de que todos os recursos têm uma capacidade infinita, o que não espelha a realidade.

2.5.1.1 Vantagens e barreiras de sistemas de capacidade finita

Segundo Gadioli (2003), os sistemas APS foram desenvolvidos para utilizar todos os avanços de hardware e software, desta forma, apesar da complexidade ou dificuldade dos cálculos e simulações, são extremamente rápidos, proporcionando uma programação quase momentânea e diminuindo o lead-time de programação e consequentemente a carga de trabalho do programador e o custo da atividade. Os autores Andrade, Zanoni e Marçola (2011) apresentam alguns diferenciais dos sistemas em questão, primeira e principalmente a consideração aos limites de capacidade das empresas e às restrições de disponibilidade de

matérias-primas, simulação de diversos cenários de planejamento, ponderação da importância dos produtos, materiais e clientes.

Os autores Andrade, Zanoni e Marçola (2011), exibem sucintamente os possíveis e principais ganhos que podem ser obtidos com a correta implementação e utilização de sistemas APS no Quadro 2 e ainda ressaltam o ganho de agilidade na programação com utilização de softwares APS.

Quadro 2 - Benefícios da utilização do APS

Ganho	Aspectos principais
Redução dos custos de mão-de obra	Melhor alocação da carga de trabalho, ocasionando diminuição de horas extras e turnos
Redução dos custos de estoques	Datas mais consistentes e próximas da real necessidade de uso, minimizando desta forma o tempo de permanência dos materiais na companhia
Redução dos custos de terceirização	Maior precisão sobre as reais necessidades e capacidades do chão-de fábrica, minimizando decisões equivocadas
Redução de desperdícios com setup	Possibilidade de avaliação de sequências que minimizem tempos de preparação da atividade
Maior precisão dos prazos de entrega	Prazos de entrega mais precisos em função da consideração de restrições reais do sistema de produção

Fonte: Andrade, Zanoni e Marçola (2011).

Segundo Gadioli (2003), a popularidade dos sistemas de programação de produção especialmente o APS tem subido fortemente entre as empresas de classe mundial, a agilidade e possibilidade de personalização destes sistemas são responsáveis por este crescimento citado. O autor ainda cita que estes softwares podem levar as empresas a elevarem seu desempenho em termos de custos de produção e logísticos, flexibilidade e prazo de entrega.

De acordo com de Souza (2014), os principais benefícios da utilização de sistemas APS, em tópicos, são: Gerenciamento mais eficiente das cadeias de suprimentos; Maior rendimento e menor liderança industrial; Integração com sistemas ERP, outros módulos de planejamento

ou controle de processos; Alta velocidade de processamento; Criação de planos de produção adequados; Aumento dos lucros operacionais; Redução nos níveis de estoque; Reação rápida a exceções e variabilidades; Maior satisfação do cliente; Suporte ao seguinte processo de S&OP (*Sales and Operations Planning*): Preparar plano de entrega, ajustar e estabelecer o plano de entrega; Avaliação da rentabilidade de diferentes alternativas para atender às necessidades dos clientes; Possibilidades de representação gráfica através do gráfico de Gantt dos cronogramas de produção; Entrega realista e viável; Facilidade de manutenção preventiva; Melhor alocação de carga de trabalho, resultando em menor quantidades de horas extras e serviços terceirizados.

De acordo com Carvalho (2018), quanto às desvantagens desta ferramenta, existem ainda poucos dados bibliográficos e que estão limitados ao processo de implantação em relação à cultura das empresas e a falta de informações por se tratar de uma ferramenta relativamente nova. Em uma mesma linha de raciocínio, Zattar e Sachelli (2003), expõem como dificuldade a falta de conhecimento e proximidade dos funcionários sobre as ferramentas APS, a dificuldade de customização por parte dos fornecedores do serviço, falta de cursos para a atividade em questão, cadastros e bancos de dados desatualizados, integração entre sistemas principalmente ERP e convencimento da alta direção. Sobre a questão financeira da implementação dos sistemas APS, Corrêa e Pedroso (1996), citam que os preços e maturidade dos sistemas variam muito de um para outro, em relação ao preço, podem variar em cerca de sete mil a um milhão de dólares, podendo tornar-se um empecilho para empresa.

2.6 SOFTWARES DE CAPACIDADE FINITA

Segundo Quinn e Novels (2001), os primeiros softwares de capacidade finita eram bastante simples, englobavam a avaliação da capacidade do recurso principal para efetuar a programação determinada. A possibilidade de adicionar múltiplas restrições foi apenas incrementada mais tarde, para promover um modelo mais realista da produção. Nesta mesma época, alguns desenvolvedores já iniciavam a disponibilização de sistemas capazes de programar para trás e bidirecional, destacando-se principalmente o JIT e a teoria das restrições.

De acordo com Zattar e Sachelli (2003) existe uma divisão em categorias dos sistemas de capacidade finita, segundo o método de solução do problema, segundo o grau de interação com o usuário e segundo o suporte às funções do planejamento da produção. No Quadro 3 abaixo os autores apresentam alguns tipos de sistemas dentro da categoria respectiva.

Quadro 3 - Classificação dos sistemas de capacidade infinita

Segundo o método de solução do problema	• Baseados em regras de liberação;
	• Matemáticos otimizantes;
	• Matemáticos heurísticos;
	• Sistemas especialistas puros;
	• Apoiados em redes neurais.
Segundo o grau de interação com o usuário	• Sistemas abertos;
	• Sistemas semi-abertos;
	• Sistemas fechados;
	• Sistemas semi-fechados.
Segundo o suporte às funções do planejamento da produção	• Plano mestre de produção;
	• Programação da produção;
	• Gestão dos materiais integrada a capacidade;
	• Controle de produção.

Fonte: Zattar e Sachelli (2003).

Segundo Ferreira e Zattar (2004), as principais abordagens de programação utilizadas nos sistemas com capacidade finita são: a programação baseada em recursos, a otimização, a programação baseada em trabalho e a programação baseada em eventos. Nos parágrafos abaixo estarão expostos um resumo das quatro abordagens com o respetivo campo e perfil indicado para atuação.

a) sequenciamento baseado em recursos: Segundo Ferreira e Zattar (2004), a abordagem atua primeiramente localizando os gargalos de produção, ou seja, recursos que tem disponibilidade menor ou igual a solicitada pela demanda, e garante que sua taxa de ocupação seja sempre a mais alta possível. A partir da programação dos gargalos os outros recursos são sequenciados utilizando técnicas de sequenciamento para frente ou para trás. Sobre a utilização da abordagem, Reklaitis (2000), cita que o foco da abordagem é a obtenção de soluções aceitáveis, porém não otimizadas e a abordagem tende a programar intervalos de tempo ocioso. É importante ressaltar que este tipo de programação é sensível a mudanças, pequenas alterações nos parâmetros definidos, podem afetar significativamente o resultado;
b) programação otimizada: de acordo com Ferreira e Zattar (2004), a abordagem é fundamentada em métodos baseados em algum procedimento de busca, portanto a qualidade da ferramenta de busca reflete diretamente na qualidade da solução final. Sobre a utilização da programação otimizada Reklaitis (2000), expõe que estes métodos não são recomendados para problemas simples do dia a dia, por requererem um tempo de resposta muito alto que aumenta exponencialmente em função da

complexidade do problema, ou seja, pelo número de variáveis. Indicados, portanto, para sequenciamento de alta complexidade, porém em uma demanda estável sem muitas alterações;

c) programação baseada em ordens: de acordo com Ferreira e Zattar os sistemas que seguem esta abordagem utilizam a prioridade da ordem como critério para definir o sequenciamento das ordens. O método seleciona a ordem com maior prioridade e sequência todas as tarefas da estrutura, e após a próxima tarefa com maior prioridade e assim por diante até a finalização das ordens. A escolha de critério de prioridade é de escolha do usuário como prioridade de atendimento. A utilização da programação baseada em ordens segundo Reklaitis (2000), este método tem como característica a alta velocidade de operação, porém costuma produzir intervalos ociosos. Esta abordagem é ideal para um mercado de demanda mais instável que necessita de constantes reprogramações, por ter a capacidade de realizar o sequenciamento de ordens no menor tempo possível;
d) Sequenciamento baseado em eventos – Segundo Reklatis (2000), este modelo utiliza eventos discretos ou a combinação entre eventos discretos e contínuos para simular o modelo de produção, testando vários sequenciamentos alternativos. Segundo Ziller (1993), os sistemas de eventos discretos percebem as ocorrências extremas a companhia através de estímulos, conhecidos como eventos. Segundo Ferreira e Zattar (2000), em relação a utilização do sequenciamento baseado em eventos, o mesmo não funciona adequadamente em todos os sistemas produtivos e necessita de cuidados para seu funcionamento adequado. Este cuidado é pelo motivo das ordens ficarem disponíveis na fila das máquinas e os eventos ocorrerem nos tempos designados. Esta abordagem não tende a criar intervalos ociosos, porém não antecipa a chegada de novas ordens de ata prioridade, assim uma ordem de baixa prioridade pode entrar na frente de uma alta prioridade que chegou a pouco tempo.

Acerca das empresas no mercado que disponibilizam estes softwares no Brasil, Martins (2013) exibe que diante de pesquisas realizadas juntamente com alguns fornecedores da ferramenta de capacidade finita e da rede “Linkedin”, foram determinados os principais:

a) Preactor: o sistema se originou na Inglaterra e no Brasil tem fornecedores de seu software se destacando a ACCERA Supply Chain Solutions;
b) Drummer APS: sistema de origem nacional, desenvolvido pela empresa Linter Software de Manufatura em 1997;

c) Scheduler APS: sistema de origem nacional, desenvolvida pela empresa Seed em 1997.

2.6.1 Software PREACTOR APS

Segundo Cardoso (2016), o software APS Preactor, é atualmente um dos softwares APS mais conhecidos e desejados no mercado. Os maiores sistemas de gestão empresarial ERP geralmente oferecem integração com este APS, como o ERP da SAP.

De acordo com Gadioli (2003), o software APS Preactor tem uma flexibilidade total de customização, podendo ser moldado para atender requisitos particulares, descreve o software como ágil na geração do sequenciamento, com quadros interativos e conta com regras internas de otimização do sequenciamento da produção.

O autor Cardoso (2016) expõe ainda que o software PREACTOR possibilita a escolha entre sistemas heurísticos ou baseados em regras de liberação para realizar o sequenciamento da produção.

2.6.2 Software SCHEDULER APS

A empresa SEED Consultoria e Tecnologia Ltda está situada em Joinville, SC, desde 1994. A empresa fornece serviços na área de tomada de decisão. Segundo Zattar (2004), o Scheduler é classificado como Sistema de Planejamento e Programação Avançados - APS que permite através de seus módulos tanto a geração do plano mestre quanto a programação da produção. A autora ainda cita que o software permite a integração com sistemas de coleta de dados e de ERP.

Sobre o sistema, Zattar (2004), explica que a solução matemática adotada pelo Scheduler é baseada no conceito de simulação, também conhecido como event-based e as restrições da produção através da utilização de regras.

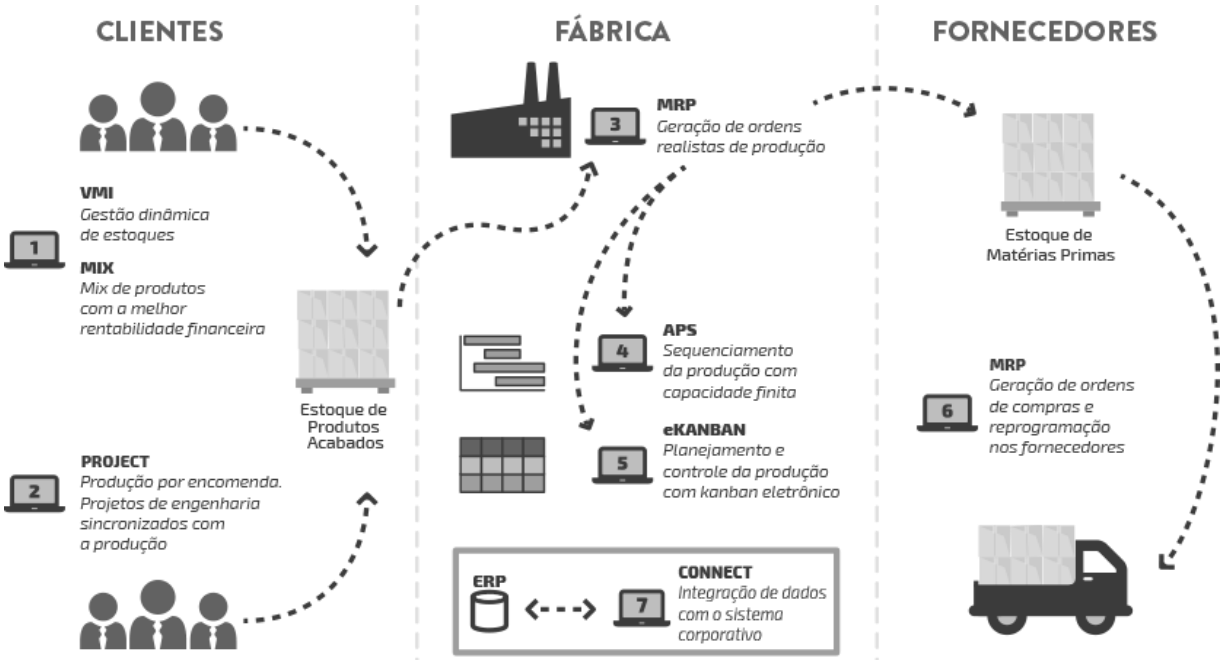
2.6.3 Software DRUMMER APS

Segundo Souza (2005), o sistema computacional Dummer APS tem origem nacional, desenvolvido pela empresa Linter Software de Manufatura no ano de 1997. O autor expõe que o sistema é baseado na teoria das restrições e ressalta que entender os conceitos os quais os sistemas são fundamentados é primordial para compreensão e atingimento de todos benefícios

contemplados pelo sistema. Sobre o enquadramento do software nas categorias apresentadas por Ferreira e Zattar (2004), comentadas no tópico anterior, o Drummer APS, de acordo com a mesma literatura o software fundamenta-se na abordagem baseada em trabalho, opera com o algoritmo Simplex estendido e com regras de prioridades, além de seguir os fundamentos da teoria das Restrições. Os autores ainda relatam que o software apresenta uma grande possibilidade de personalização de acordo com usuário e processo conseguindo lidar com necessidade de processamento de diferentes itens, ferramentais e tempo de execução.

Segundo Maciel (2012), O Drummer APS realiza o sequenciamento das ordens de produção, é gerado o volume de vendas que devem ser ocupados. E para cada ordem de produção o software explode a estrutura do item requerido e faz considerações para parâmetros como lotes mínimos e lead-time de fornecimento. O autor ainda expõe o diferencial do sistema computacional e faz questão de dar grande ênfase ao controle de estoques, sendo uma ferramenta auxiliar também no dimensionamento de pulmões através da possibilidade de consulta facilitada e com exibição visual amigável do balanceamento dos estoques. A Figura 7 apresenta o fluxo geral do funcionamento do Drummer, mostrando que o fluxo se estende por toda cadeia de suprimentos e operação, considerando restrições internas e externas e permitindo um maior sincronismo entre as programações de produção e de compras.

Figura 7 - Fluxo de operação do sistema Drummer APS



Fonte: Website da companhia Linter Software de Manufatura (2019).

Segundo Maciel (2012), o sistema Drummer APS é composto por cinco módulos:

a) o módulo básico é responsável pela criação e manutenção da base de dados. Esta base é independente de um sistema ERP, porém pode ser conectada ao sistema da empresa;
b) o módulo de gestão de demanda tem como objetivo lidar com as fontes de necessidades como a carteira de pedidos, previsões de vendas, reabastecimento de estoques, necessidades e outras. Os dados e parâmetros inseridos serão uma das entradas básicas para o módulo de programação, uma vez que determina o que, quanto e quando a fábrica deverá produzir;
c) o módulo de Programação, a partir da entrada de dados cria o que é conhecido como "a rede", entidade compostas por todos os relacionamentos de produtos, processos e centros de trabalho, com todas as informações relevantes;
d) o módulo de controle é responsável pelo gerenciamento dos pulmões em três pontos distintos: nas restrições, montagem e expedição;
e) a bússola é o módulo cuja função é o apoio à tomada de decisões. Utilizando regras simples e objetivas.

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

O presente trabalho pode ser classificado como uma pesquisa aplicada, cujo objetivo é aprofundar o conhecimento a cerca de um problema visando estimular a compreensão e sugerir hipóteses (MIGUEL, 2007). A empresa, que aqui será denominada XPTO-A, apresenta um sistema de produção complexo com grande variabilidade de produtos na carteira de pedidos, nos equipamentos com menor capacidade e de maior custo contam tempos de setup consideráveis em cada troca e uma sequência errada pode significar um tempo precioso de produção. Esta complexidade na produção foi o critério mais importante na escolha da unidade de análise.

O sistema APS a ser estudado é o Drummer, escolhido pela empresa XPTO-A, que levou vários fatores em consideração como um sistema que atendesse às requisições de atendimento dos pedidos, maior velocidade nas reprogramações, resolução de instabilidades internas e externas de produção e programação.

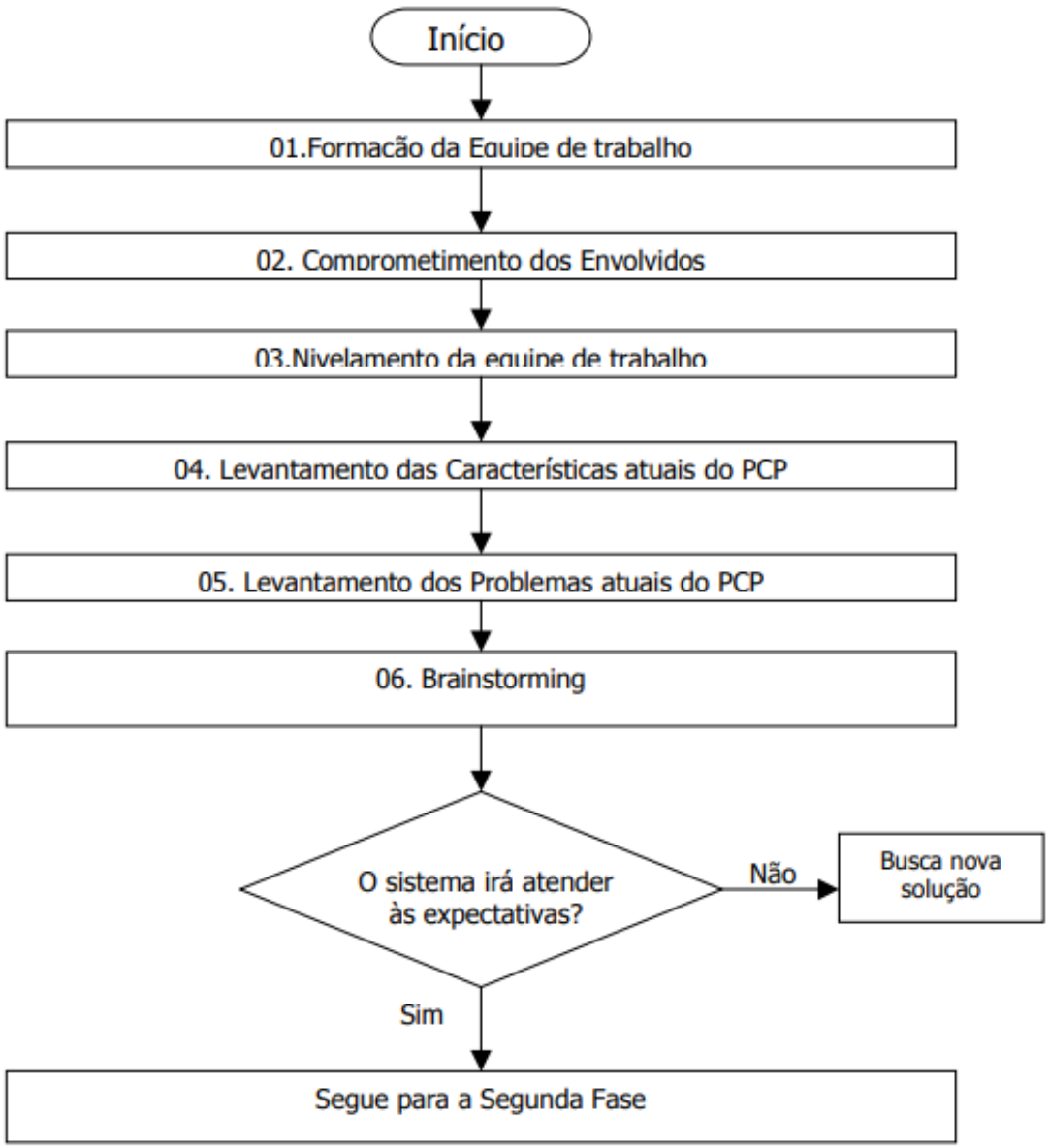
A pesquisa de campo foi executada no setor de vidros laminados da empresa, na linha LL09 de produção, dedicada a produção de para-brisas automotivos, esta linha foi escolhida por apresentar maior quantidade de variáveis e consequente maior dificuldade de programação, durante 4 meses em que os dados de produção foram coletados e analisados. Os dados foram coletados da empresa XPTO-A semanalmente durante período analisado, com auxílio da equipe de PCP no preenchimento de formulários, planilhas e entrevistas.

Neste trabalho será realizado as etapas de implementação de softwares APS de acordo com Zattar (2003), e realizará uma pesquisa aplicada comparativa entre o tempo de programação antes e após a implementação do software. A escolha da comparação foi o tempo necessário em cada método pois a empresa XPTO-A tem uma programação de produção bem desenvolvida, porém, com um gasto de tempo muito grande. Os escopos dos dados coletados foram limitados nos seguintes tópicos (tempo de programação, tamanhos de lote, cadência das máquinas, estoques dos produtos, estratégia de sequenciamento, horizonte de congelamento, tamanho lote mínimo, tamanho lote máximo, multiplicidade do lote, estoque de segurança e calendário de funcionamento das máquinas). Os dados coletados estão de acordo com os que autores como Zattar (2003), mencionou em seus estudos.

3.1 METODOLOGIA DE IMPLEMENTAÇÃO

Segundo Zattar (2003), o processo de implementação deve seguir algumas etapas, divididas em duas fases, descritas nas figuras 8 e 9, que são essenciais para o sucesso. A primeira fase é relativa as operações que definem o software a ser utilizado e a segunda relativa a implementação prática do software.

Figura 8 - Primeira fase da metodologia de implementação do software APS



Fonte: Zattar (2003).

A seguir será detalhada cada etapa de cada fase do processo de implementação do software APS:

a) etapa 1 – formação da equipe de trabalho: a formação da equipe é um processo essencial para correta implementação, segundo Zattar (2003), a equipe deve ter a

competência adequada e tão importante quanto, deve possuir tempo disponível para o projeto. A autora ainda ressalta a atenção com padrões de preenchimento de formulários e dados pela equipe determinada;

b) etapa 2 – comprometimento da equipe: Segundo Zattar (2003), a etapa de comprometimento da equipe acompanha a formação da equipe e tem como objetivo munir a equipe de informações sobre a importância do projeto, é muito importante que a equipe de implantação esteja ciente dos objetivos à serem alcançados, dos prazos a serem cumpridos e dos resultados a serem alcançados;
c) etapa 3 – nivelamento da equipe de trabalho: após a etapa de comprometimento da equipe é necessário que todos participantes da equipe tenham conhecimento sobre o tema do projeto, é preciso nivelar este conhecimento entre todos envolvidos, disseminando informações para o grupo, de acordo com Côrrea, Gianese e Caon (2001), desta forma o trabalho tende a evoluir mais rapidamente, uma vez que a distribuição de tarefas será mais fácil;
d) etapa 4 – levantamento das características atuais do PCP: segundo Zattar (2003), nesta etapa é preciso fazer um levantamento dos processos relevantes de PCP, a autora citou algumas perguntas que devem estar respondidas após esta etapa:
   - todos os processos estão cadastrados no atual sistema de PCP?
   - existem processos especiais?
   - todas as máquinas estão cadastradas?
   - os turnos de produção já estão definidos e cadastrados para cada posto operativo?
   - existem matrizes de setup?
   - qual é o tipo de manufatura a ser atendido, bens ou serviços?
e) etapa 5 – levantamento dos problemas atuais do PCP: os problemas de programação de produção dependem de vários fatores, Segundo Côrrea, Gianese e Caon (2001), os problemas se dividem em três principais grupos, em termos de ordens, recursos produtivos e operações. Em termos de ordens, Côrrea, Gianese e Caon (2001) citam os mais comuns:
   - as ordens de produção apresentam datas de entrega diferentes;
   - cada ordem está em um estado diferente de realização;
   - as ordens podem apresentar tempos de setup diferenciados;
   - cada ordem pode ter roteiros alternativos;
   - prioridades por cliente variam;
   - reprogramações frequente.

Em termos de recursos produtivos, os autores apresentam como principais problemas:

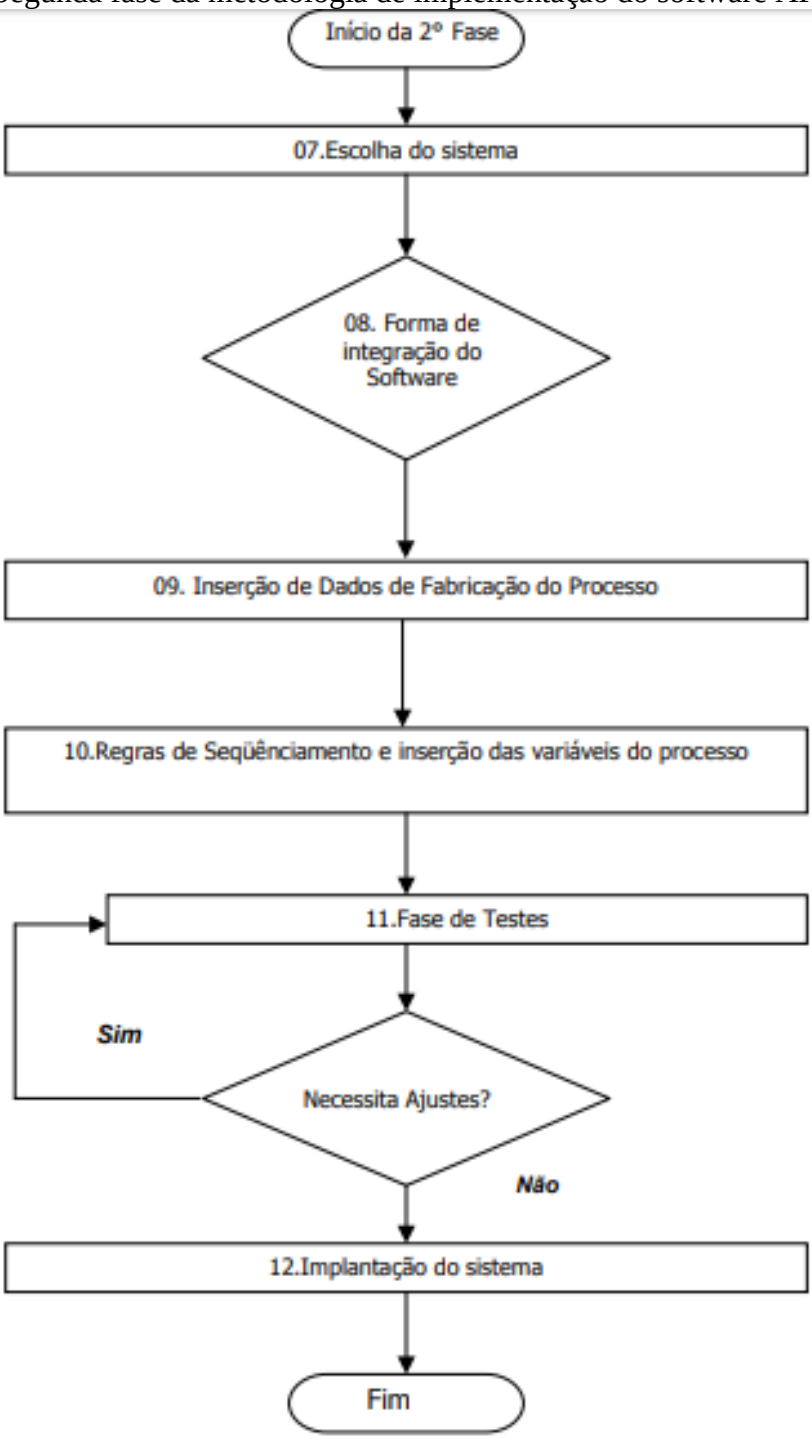
- máquinas quebram;
- manutenção;
- ferramentas indisponíveis no momento programado;
- falta de funcionários.

Dentre os fatores relacionados a operações, os autores destacam os seguintes problemas:

- problemas de qualidade;
- tempo de perecibilidade;
- restrições a tamanho de lotes;
- tempo de pós-produção;
- operações em paralelo.

f) etapa 6 – "*Brainstorming":* segundo Zattar (2003), a conclusão da etapa de "*Brainstorming*" representa o final da primeira fase de implementação, porém ressalta que esta etapa deve ocorrer apenas com a conclusão da etapa anterior, pois a partir dos principais problemas definidos na fase anterior, deve-se definir quais problemas devem ser combatidos;

Figura 9 - Segunda fase da metodologia de implementação do software APS



Fonte: Zattar (2003).

g) etapa 7 – escolha do software: de acordo com Côrrea, Gianese e Caon (2001) existem vários fatores que devem ser levados em conta na escolha do software a ser implementado, os principais são o alinhamento dos conceitos utilizados no software ao sistema definido conceitualmente pela empresa, a verificação da forma como o

mesmo aborda particularidades relevantes da empresa, a avaliação do fornecedor do software e restrições ou preferências da empresa;

h) etapa 8 – forma de integração do sistema APS com sistema ERP: de acordo com Zattar (2003) existem algumas formas de integrar o sistema APS como o sistema ERP em questão. Segundo autora a integração pode ser direta se ambos softwares permitirem, pode ser indireta com a exportação e importação dos dados, em qualquer das opções escolhidas pela empresa de como compartilhar os dados entre os softwares ERP e APS, algumas entradas de dados são necessárias para que o sistema com capacidade finita possa realizar o sequenciamento da produção, são elas:
   - ordens de produção (data de início, data de entrega prometida);
   - recursos produtivos e suas disponibilidades (turnos de trabalho e feriados);
   - especificações do processo (roteiros normais e alternativos, passos dos processos, recursos que podem ser disponibilizados, tempos de setup, etc...);
   - restrições do processo, temperatura, necessidade de tempo de espera zero entre operações, entre outros.
i) etapa 9 – inserção dos dados no sistema: segundo Zattar (2003), a etapa de inserção dos dados deve ter muita cautela para realizar a inserção de todos os dados necessários relativos a produtos, pedidos, recursos, saldos de estoques entre outros, pois qualquer detalhe que seja informado erroneamente pode resultar em uma programação que não represente a situação real desejada;
j) etapa 10 – inserção de variáveis do processo e regras de sequenciamento: segundo Zattar (2003), nesta fase deve ser feita a introdução das restrições e variáveis particulares existentes em determinado processo produtivo e definir as regras sequenciamento dentre as possibilidades. A autora ressalta a importância da quarta etapa de levantamento das características para que seja possível a inserção de variáveis do processo corretamente;
k) etapa 11 – testes: segundo Côrrea, Gianese e Caon (2001), a fase de testes é dividida em 3 etapas, simulação, execução e resultados. A simulação tem como objetivo simular o processo com dados relevantes ou não, já na fase de execução é feita a simulação com base de dados reais inseridos no software, e por fim, a fase de resultados é uma comparação entre os dados gerados na fase de execução e os reais fornecidos pela empresa;
l) etapa 12 – implementação: de acordo com Zattar (2003), existem três formas padrão para a implantação final de um novo sistema em uma produção:

- mudança imediata: onde abandona o processo anterior completamente e o novo sistema inicia suas operações;
- processamento em paralelo: ambos sistemas funcionam simultaneamente;
- modular, o sistema é dividido em módulos e cada um deles é executado primeiro em paralelo, testando todas as divergências e só então o antigo é abandonado.

O quadro 4, exibido por Zattar (2003), exibe as principais vantagens e desvantagens de cada modelo de implementação relatado acima.

Quadro 4 - Modelo de implementação x vantagens e desvantagens

Método	***Mudança Imediata***	***Processamento em Paralelo***	***Modular***
Vantagens	• Ausência de duplicidade no processamento • Ausência de duplicidade de mão de obra • Redução do custo de processamento	• Recuperação das informações em caso de erro • Correção fácil em caso de erro • Fácil comparação entre resultados • Permanência dos dados históricos	• Segurança na implantação, os resultados podem ser compreendidos • Correção imediata de erros • Evita perdas de informação ou arquivos
Desvantagens	• Novo sistema pode não atender necessidades • Novo sistema não opera com dados reais • Ausência das saídas necessárias	• Duplicidade de operações • Duplicidade de controles • Repetições de operações • Aumento do risco de erros • Aumento da mão de obra	• Não verifica a lógica global • Aumento de tempo de processamento • Aumento do consumo de mão de obra • Grande proliferação de documentos

Fonte: Zattar (2003).

4 PESQUISA APLICADA

A pesquisa aplicada foi realizada em uma empresa, denominada XPTO-A, do ramo automotivo, que implementou o software DRUMMER APS.

4.1 A EMPRESA E SUA LINHA DE PRODUTOS

A Empresa XPTO-A é uma multinacional francesa e faz parte de um grupo de empresas que é líder na produção de vidros, produtos abrasivos e materiais para construção. Presente em mais de 64 países, é composta por mais de 1.200 empresas. A divisão XPTO-A, unidade onde a pesquisa de campo foi realizada, é responsável pela fabricação de vidros automotivos de segurança. Esta unidade tem sido líder de manufatura de vidros automotivos por mais de 80 anos, com mais de 300 anos de experiência na fabricação de vidros.

A gama de produtos oferecidos pela Empresa XPTO-A são:

a) para-brisas – utilizam da tecnologia de vidros laminados, os para-brisas são compostos por duas lâminas de vidros intercalados por uma película de Polivinil Butiral (PVB), que serve para absorver o impacto de objetos que possam vir a colidir contra o motorista e passageiros, servindo também para unir as chapas de vidros de forma que elas não se soltem, mesmo depois de quebradas;
b) laterais – utilizam da tecnologia de vidros temperados, o que deixa o vidro mais resistente, as laterais são fabricadas de forma a oferecer melhor segurança para os usuários;
c) vigias – utilizam a tecnologia de vidros temperados, porém com um diferencial, pois possuem uma rede serigráfica anti embaçante, que auxilia o motorista melhorando a sua visão;
d) especialidades – podem utilizar tecnologias de vidros temperados ou laminados, como teto-solares.

A presente pesquisa concentrou-se na linha de produção de para-brisas.

4.2 ETAPAS DE IMPLEMENTAÇÃO DO SOFTWARE APS

De acordo com Zattar (2003), a implementação do software APS deverá ser dividido em 12 etapas que são essenciais para que consiga sucesso e um bom desempenho do sistema na empresa, essas etapas serão descritas nos próximos tópicos.

4.2.1 Etapa 1 – Formação da equipe de trabalho

A primeira etapa do processo de implementação conforme Zattar (2003), é a determinação da equipe, levando em conta a complexidade foi necessária integração de mais de uma área da empresa, a equipe determinada foi composta por dois programadores de produção da área de PCP com função de auxiliar na obtenção dos dados necessários, analista de TI para inserção e manutenção dos dados no software e o supervisor da área de PCP com a função de facilitador do projeto. A equipe ainda contou com suporte virtual do consultor do fornecedor para auxiliar nas funcionalidades e necessidades do software, o consultor não teve participações ativas nas reuniões, porém estava sempre à disposição da equipe para qualquer suporte necessário.

4.2.2 Etapa 2 - Comprometimento dos envolvidos

Com intuito de sensibilizar os envolvidos foram feitas muitas reuniões, para explicação da necessidade do software para melhorar velocidade de programação e como este ganho de velocidade poderia influenciar o trabalho dos envolvidos, a figura 10 exibe as reuniões realizadas, os participantes, sua respectiva função, responsabilidades no projeto e presença nas reuniões.

Figura 10 - Equipe do projeto da implementação do software Drummer APS

Implementação Software Drummer APS

Função	Responsabilidade	3-dez Ter	17-dez Ter	7-jan Ter	14-jan Ter	4-fev Ter	18-fev Seg	3-mar Ter	17-mar Ter	%	TOTAL
Supervisor de PCP	Facilitador do projeto									88%	90%
Analista de PCP	Auxiliar obtenção de dados									100%	
Analista de PCP	Prover informação sobre planejamento de materias									88%	
Analista de TI	Inserção e manutenção dos dados no softw are									83%	

Presente
Ausente
Não necessário nesta convocação

Fonte: empresa XPTO-A (2020) – Adaptado.

4.2.3 Etapa 3 – Nivelamento da equipe de trabalho

As primeiras reuniões sobre o projeto tiveram objetivo de nivelar o conhecimento sobre o tema, os assuntos foram explicados para todos pelo analista de PCP e foram disponibilizados, alguns estudos sobre a implementação de softwares APS como Zattar (2003), para aprofundar conhecimento da fundamentação e prática do projeto para toda equipe.

4.2.4 Etapa 4 – Levantamento das características atuais do PCP

O levantamento das características atuais da empresa XPTO-A em estudo foi realizado em duas etapas, primeiramente analisando o processo produtivo da empresa e após as características do PCP para maior compreensão.

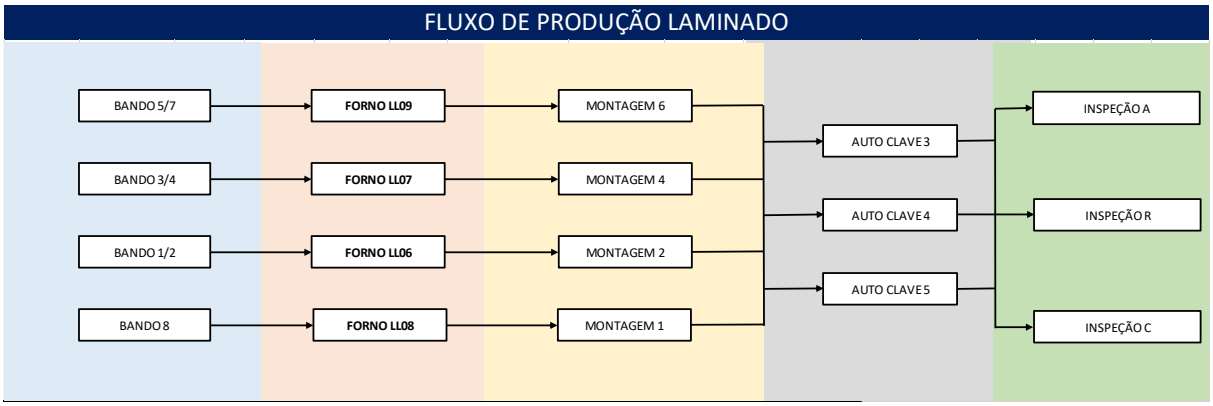
4.2.4.1 Características do processo produtivo da empresa XPTO-A

O sistema produtivo da empresa XPTO-A é muito complexo. A produção dos vidros automotivos é dividida em duas fábricas, sendo uma para parte de vidros temperados e outra para de vidros laminados. Devido à complexidade, o presente trabalho focou apenas no sistema produtivo da fábrica de laminados, cuja principal produção é a de para-brisas para veículos automotivos.

A divisão de para-brisas é composta por 4 linhas de produção, uma voltada para vidros maiores como de caminhão (L008), e as outras três voltadas para carros (LL06, LL07 e LL09).

O fluxo do processo de produção se inicia com a chegada da matéria prima, que são vidros planos já recortados em tamanhos e espessuras padrões e entregues em racks. O primeiro processo produtivo é o de recorte dos vidros nas máquinas de corte (bandos), paralelamente ocorre o processo de recorte e estiragem do PVB, seguido pelo forno onde cada peça adquire sua forma, depois passam pelo processo de montagem onde é feita a agregação de componentes como pastilhas, em seguida o processo de retirar o ar entre as camadas de vidro, as peças passam por uma máquina chamada autoclave, onde por pressão, os possíveis espaços de ar são removidos e por fim passam pelas linhas de inspeção. Alguns projetos mais complexos exigem uma posterior pré-montagem de componentes com processos manuais e/ou outras tecnologias. A Figura 11 ilustra o fluxo de produção explicado acima, da divisão de laminado da empresa XPTO-A.

Figura 11 - Fluxo de Produção Laminado da empresa XPTO-A



Fonte: empresa XPTO-A (2019) – Adaptado.

A programação da produção é feita para os fornos, e operam de forma, puxada nas máquinas prévias no processo (bandos) e empurradas nas máquinas posteriores (montagens, autoclaves e inspeções).

4.2.4.2 Características do PCP da empresa XPTO-A

Foi realizada uma análise na metodologia de programação da empresa XPTO-A, a programação da produção é feita pelo setor de PCP da empresa em estudo, que conta com 5 programadores, que são responsáveis pela programação dos fornos temperados, um responsável pela programação dos fornos laminados, dois programadores responsáveis pelas compras de insumo para produção e um responsável pelas operações após os fornos de pré-montagem de componentes. A empresa XPTO-A utiliza duas ferramentas fundamentais nos procedimentos relativos ao planejamento programação e controle da produção - o ERP da SAP e o sistema WMS (*Warehouse Management Sistem* – Sistema de controle de armazém) da Apriso. Uma planilha Excel também é utilizada para realização dos cálculos e análises necessárias.

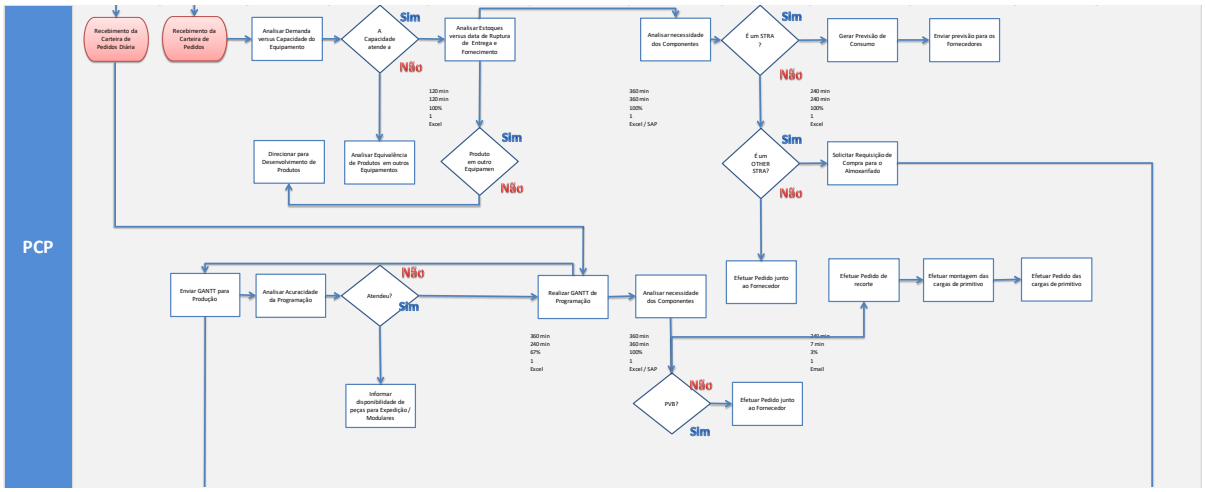
Na empresa em estudo, o processo de planejamento programação e controle de produção se inicia na área de atendimento ao cliente, que em suma tem a função de montar a carteira e padronizar a carteira de pedidos de cada cliente.

A partir da planilha com a carteira de pedidos, contendo os produtos, demandas e previsões, se inicia o procedimento de planejamento, programação e controle da produção, dentre os processos necessários é importante destacar os que estão relacionados e serão impactados pelo software Drummer APS:

a) análise do estoque versus data de ruptura (análise macro): A análise é feita via planilhas do software Excel, onde, a partir da base de dados de item por equipamento do ERP SAP e a demanda por item da carteira de pedidos, retornando a quantidade de dias necessários e consequentemente a definição do tipo de jornada de trabalho da máquina em questão;
b) analisar necessidades de componentes (análise macro): A análise é realizada com planilhas do software Excel, a partir dos dados de estoque disponível e BOM retirados do ERP SAP e a demanda por item da carteira de pedidos, retornando à quantidade e data de necessidade de cada componente;
c) gerar previsão de consumo (análise macro): A geração de consumo é realizada em uma planilha do software Excel, contendo informações e particularidades de cada fornecedor e componente como lead-time, junto aos dados da análise da necessidade retorna o pedido a ser gerado para cada componente;
d) realizar GANTT da produção: A partir da carteira de pedidos diária, junto as informações de estoque retiradas do SAP e informações sobre as máquinas, é preenchida uma planilha padrão com as quantidades e resulta no GANTT de produção;
e) analisar necessidades de componentes: a partir da carteira de pedidos e informação sobre os estoques de cada componente é realizado o pedido dos componentes a partir da data de necessidade de entrega;
f) efetuar pedido de recorte: O pedido de recorte é relativo à matéria-prima principal, o vidro, que dado o tamanho e estratégia financeira o pedido é diário e condicionado a programação da produção. A partir da programação feita sobre os fornos, informações relativas à matéria-prima de cada produto retirado do SAP, é feito o pedido diário da matéria-prima.

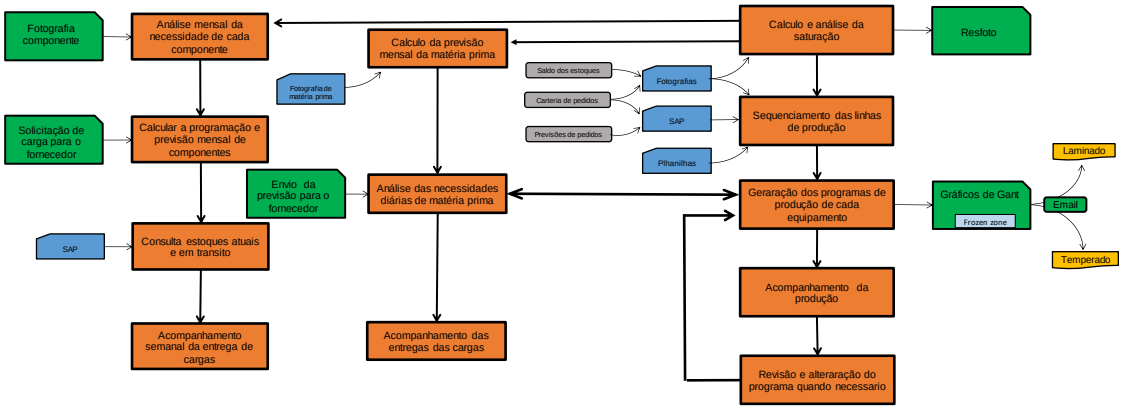
As Figuras 12 e 13 ilustram o diagrama de fluxo principais operações micro e macro do departamento PCP da empresa em estudo antes da implementação do software Drummer APS.

Figura 12 - Diagrama de fluxo de PCP da empresa XPTO-A



Fonte: empresa XPTO-A (2020) – Adaptado.

Figura 13 - Diagrama de fluxo de processo da empresa XPTO-A



Fonte: empresa XPTO-A (2020) – Adaptado.

A empresa realiza grande parte das operações de programação e sequenciamento a partir de planilhas no software Excel, estas estão padronizadas e prontas, sendo necessário apenas a entrada dos dados para retornar as planilhas necessárias para realizar as operações de sequenciamento. O programador opera com duas principais planilhas para realizar a programação, uma relativa a carteira de pedidos e os estoques, e a segunda relativa ao GANTT de produção.

A primeira planilha, tem como objetivo facilitar a visualização dos itens com menor dias de cobertura, dada grande quantidade de SKUs por equipamento, portanto ela ordena os itens de acordo com a cobertura e é possível filtrar fornos ou informações relevantes. A planilha ainda exibe a variação do estoque de acordo com os pedidos ao longo dos próximos dias e tem uma formatação nas células para facilitar a visualização, verde estoque ok, amarelo entrada no

estoque de segurança e vermelho dia de ruptura. A figura 14 exibe o modelo utilizado pela empresa em estudo, sem algumas informações, retiradas para privacidade dos dados da empresa.

Figura 14- Formato da planilha da carteira de pedidos da empresa XPTO-A

Código Acabado	Código Base	Projeto	Cliente	Forno	Planta	ESTOQUE FER1	Atraso	Data da entrada no estoque de segurança	23/3	24/3	25/3	26/3	27/3	28/3	29/3
AAA	AAA'					107	0		0	0	120	90	90	0	0
AAA	AAA'					107	0	20/3	107	107	-13	-103	-193	-193	-193
AAA	AAA'					166	48		96	0	48	64	32	0	0
AAA	AAA'					166	48	20/3	22	22	-26	-90	-122	-122	-122
AAA	AAA'					24	0		0	0	45	105	0	0	0
AAA	AAA'					24	0	20/3	24	24	-21	-126	-126	-126	-126
AAA	AAA'					133	0		0	105	0	175	70	0	0
AAA	AAA'					133	0	21/3	133	28	28	-147	-217	-217	-217
AAA	AAA'					43	16		16	0	0	16	0	0	0
AAA	AAA'					43	0	21/3	11	11	11	-5	-5	-5	-5
AAA	AAA'					997	324		0	0	252	216	288	0	36
AAA	AAA'					997	324	22/3	673	673	421	205	-83	-83	-119
AAA	AAA'					1352	0		352	256	192	320	0	0	256
AAA	AAA'					1352	0	24/3	1.000	744	552	232	232	232	-24

Fonte: empresa XPTO-A (2019) – Adaptado.

A segunda planilha tem como objetivo montar o GANTT de produção, a partir dos códigos relativos ao produto, as quantidades, sequência e turnos trabalhados, definidas pelo programador, tomando como base a primeira planilha. Cada forno contém uma planilha de GANTT de produção própria, conforme exibe a figura 15.

Figura 15 - Planilha de GANTT de produção da empresa XPTO-A

				Turnos	3	3	3	3	3	3	3			
				Dias	S	S	S	N	S	S	S			
	52													
	Turnos	Taxa Parada		10%		Hs. Cap. Trabalho				24				
	03	Taxa Utilização		90%		Hs. Programadas				22,5				
					ZONA CONGELADA									
		SAP		Prog.	5/3	6/3	7/3	8/3	9/3	10/3	11/3			
Seq.	Código	Projeto	Código corte/forno		03	03	03	03	03	03	03			
1				400	400									
2				200	200									
3				500	200	300								
4				300		300								
5				800		200	600							
6				800			200		600					

Fonte: empresa XPTO-A (2020) – Adaptado.

A partir do GANTT de produção definido e as informações sobre cada item retirado do ERP, o programador seleciona a matéria prima necessária para os próximos períodos, confere a programação atual e elabora o pedido a ser enviado ao fornecedor.

É importante ressaltar que a cada vez que é necessária a modificação da produção dada a reprogramações de clientes, paradas de máquinas, manutenções corretivas, extensão do tempo da manutenção corretiva, problemas de qualidade, entre outros problemas relatados pela equipe de PCP da empresa em estudo, é necessário a geração e análise da planilha de estoques, GANTT de produção e pedido aos fornecedores novamente, portanto, o ciclo pode acontecer mais de uma vez ao dia ou até em dias dependendo das variações relatadas acontecerem ou não.

A partir da análise dos processos do PCP, podemos destacar algumas características importantes identificadas no processo:

a) existem ordens com tempos de setup diferenciados;
b) o sequenciamento das ordens deve ser feito levando em conta as dimensões da matéria prima;
c) produtos com roteiros alternativos entre linhas;
d) altas taxas de manutenção corretiva;
e) problemas de qualidade;
f) restrições a tamanho de lote;
g) maior restrição secundária é ferramental do forno;
h) listas de materiais incoerentes.

Com intuito de analisar o tempo requerido para o ciclo de programação micro, foi medido, a partir da figura 16, que exibe o padrão do formulário utilizado, foram retirados os tempos gastos em cada atividade necessária para programação da linha em estudo LL09. A tabela 1 e a figura 17 exibem as médias de cada atividade, a média do tempo total de programação e a porcentagem do tempo total de cada atividade.

Figura 16 - Formulário de preenchimento de tempo de atividades

	08/01/2020			09/01/2020			10/01/2020			11/01/2020			12/01/2020		
Atividade	Início	Fim	Duração	Início	Fim	Duração	Início	Fim	Duração	Início	Fim	Duração	Início	Fim	Duração
Atualização dos dados das planilhas															
Análise e preenchimento do GANTT															
Conferência da programação															
Envio da programação															

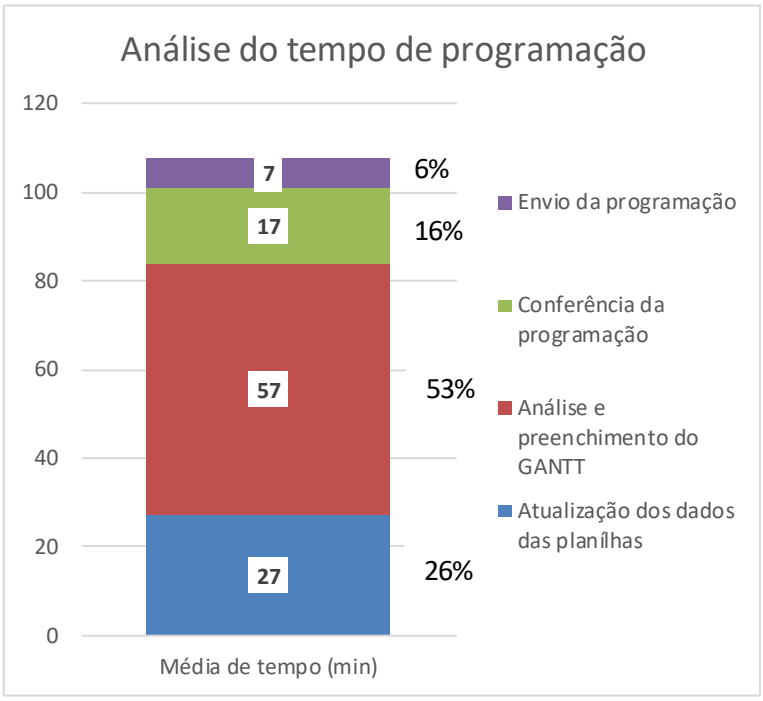
Fonte: empresa XPTO-A (2020) – Adaptado.

Tabela 1 – Tempos de atividades para programação da empresa XPTO-A

Atividade	Média de tempo (min)	Porcentagem do tempo total
Atualização dos dados das planílhas	27	25%
Análise e preenchimento do GANTT	57	53%
Conferência da programação	17	16%
Envio da programação	7	6%
Total	108	100%

Fonte: autor (2020).

Figura 17 - Análise dos tempos das atividades de programação da empresa XPTO-A

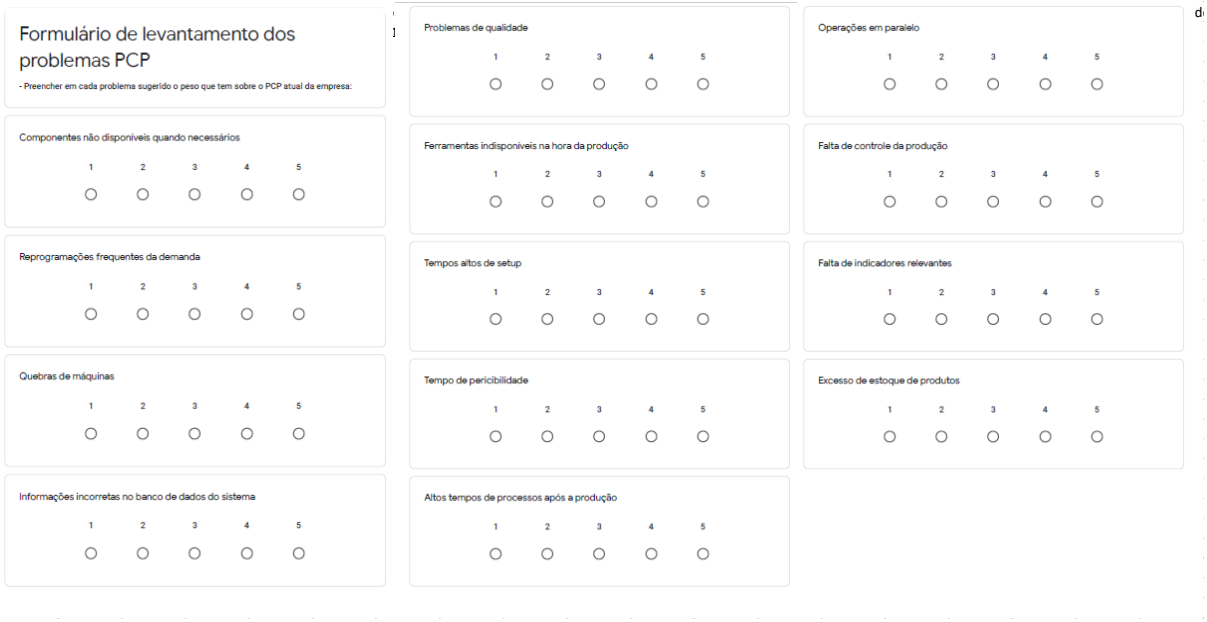


Fonte: autor (2020).

4.2.5 Etapa 5 – Levantamento dos problemas atuais do PCP

Com a realização da etapa 4, relativo ao levantamento de características atuais da empresa, já foi possível identificar determinados problemas, seguindo os principais problemas sugeridos pelos autores Côrrea, Gianese e Caon (2001), foi montado um formulário para equipe de PCP da empresa preencher e auxiliar na identificação dos principais problemas contribuindo com experiências. O padrão do formulário é exibido pela figura 18. O formulário é simples, contém campos de preenchimento de peso de 1 a 5 para cada problema definido. A pesquisa foi realizada com o software Google Forms da Google e teve envio via endereço eletrônico para cada funcionário e consequente preenchimento virtual. Os resultados obtidos pela pesquisa estão exibidos de forma simplificada na figura 19.

Figura 18 - Formulário de levantamento dos problemas do PCP da empresa

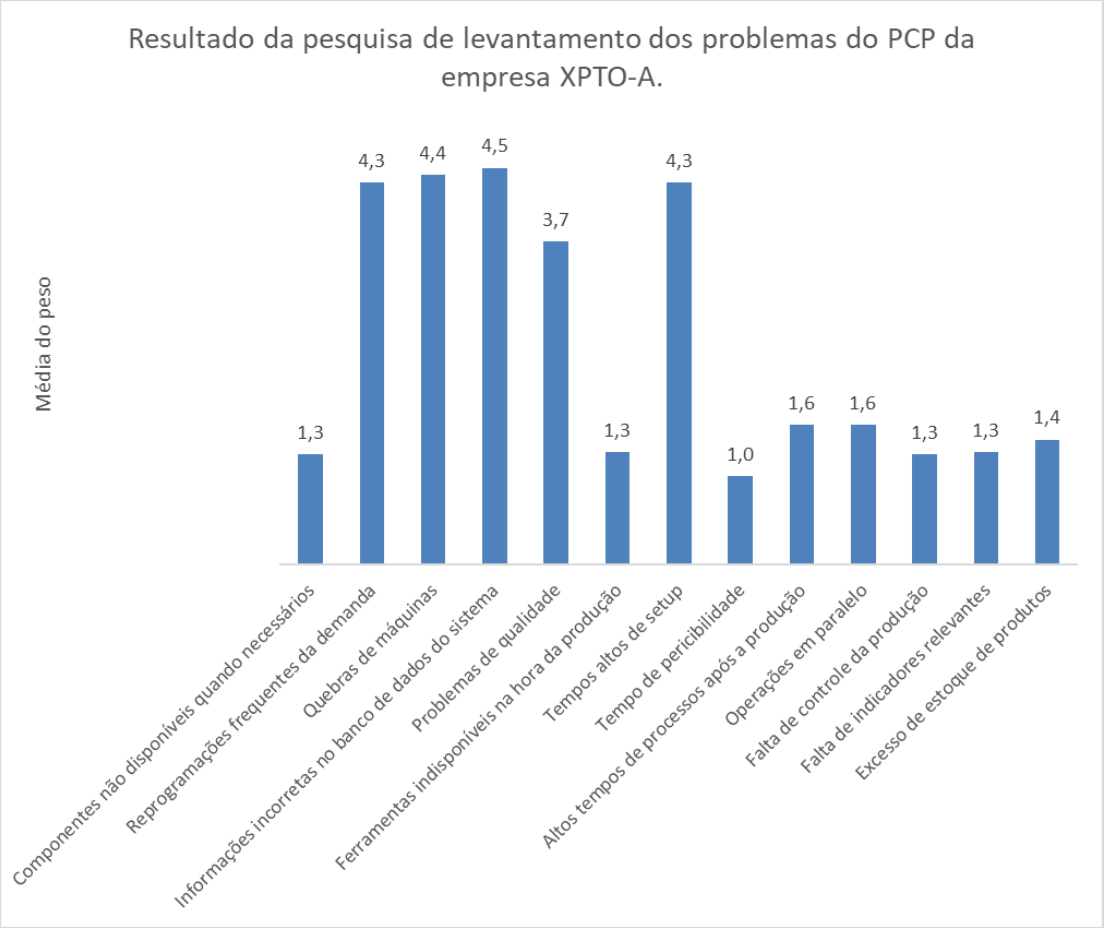


Fonte: autor (2020).

A pesquisa obteve 12 respostas da equipe da empresa XPTO-A, no anexo 1 é possível verificar a matriz das respostas de cada funcionário.

A partir da análise dos dados obtidos na pesquisa é possível identificar a necessidade da empresa de organizar o banco de dados e a grande quantidade de reprogramações necessárias causadas principalmente por reprogramação dos pedidos, quebras inesperadas de máquinas e problemas de qualidade. A figura 19 mostra os resultados da pesquisa, a média do peso obtido para cada problema.

Figura 19 - Resultado da pesquisa de levantamento dos problemas do PCP



Fonte: autor (2020).

4.2.6 Etapa 6 – "*Brainstorming*"

Após a análise das características dos processos de PCP da empresa XPTO-A e a pesquisa exibida na etapa 5, a equipe se reuniu para realizar a atividade de "*Brainstorming"* e definir quais os principais problemas a serem enfrentados. Na definição foi levada em conta fatores estratégicos da supervisão e os principais problemas identificados que necessitam de foco para a decisão da definição pelo software APS, como os altos tempos de setup.

4.2.7 Etapa 7 - A escolha pelo sistema APS

O principal objetivo da programação na empresa em estudo, dada parte contratual dos pedidos dos clientes, é obter uma programação sem atrasos nas entregas. De acordo com Ferreira e Zattar (2004), a programação baseada em trabalho utiliza a prioridade da ordem como critério para definir o sequenciamento das ordens. A empresa em estudo relatou a necessidade

de aumentar a velocidade das reprogramações, pois estas estavam sendo muitos constantes dados a problemas internos e instabilidade da carteira de produtos diária, segundo Reklaitis (2000), a programação baseada em trabalho tem como característica a alta velocidade de operação, é ideal para um mercado de demanda mais instável que necessita de constantes reprogramações. Desta forma foi escolhida a metodologia de programação baseada no trabalho.

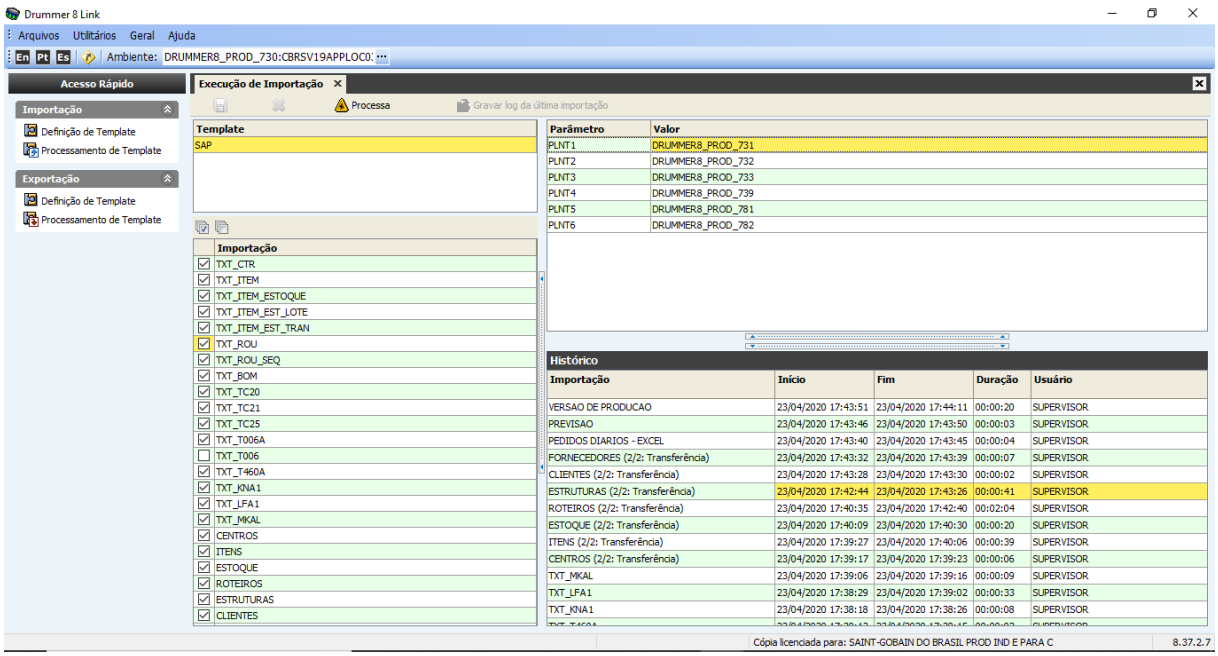
Dentre as opções disponíveis no mercado e ainda levando em consideração outros fatores como a existência de regras que realizam agrupamento das ordens conforme algum parâmetro pré-determinado, e a tentativa anterior de implementação do software sem sucesso pela qualidade das informações do sistema da empresa XPTO-A na época, foi selecionado o software Drummer APS.

4.2.8 Etapa 8 - Forma de integração do software

Para possibilitar ao software selecionado, Drummer APS, realizar o sequenciamento da produção, deve-se decidir qual nível de integração é mais adequado e como será realizado a atualização dos dados.

A empresa XPTO-A enfrentou uma grande barreira em relação a forma de integração, o software escolhido permite comunicação direta com o software ERP da SAP, porém dado a segurança cibernética da empresa não foi possível configurar esta conexão direta entre os softwares. A ação para superar o problema foi efetuada com o analista da área de tecnologia, junto ao programador de produção e o suporte do fornecedor, onde criaram, a partir de uma transação do SAP, uma variante de exportação dos dados SAP com todos os dados importantes no formato TXT, a partir dos arquivos, o fornecedor configurou o software de importação do APS para leitura dos dados extraídos em TXT conforme figura 20.

Figura 20 - Tela de importação de dados do software Drummer APS



Fonte: empresa XPTO-A (2020) – Adaptado.

A importação dos dados dos arquivos de texto contém várias informações sobre a produção e seu status, as principais informações retiradas do sistema ERP da empresa em estudo para funcionalidade do software APS são:

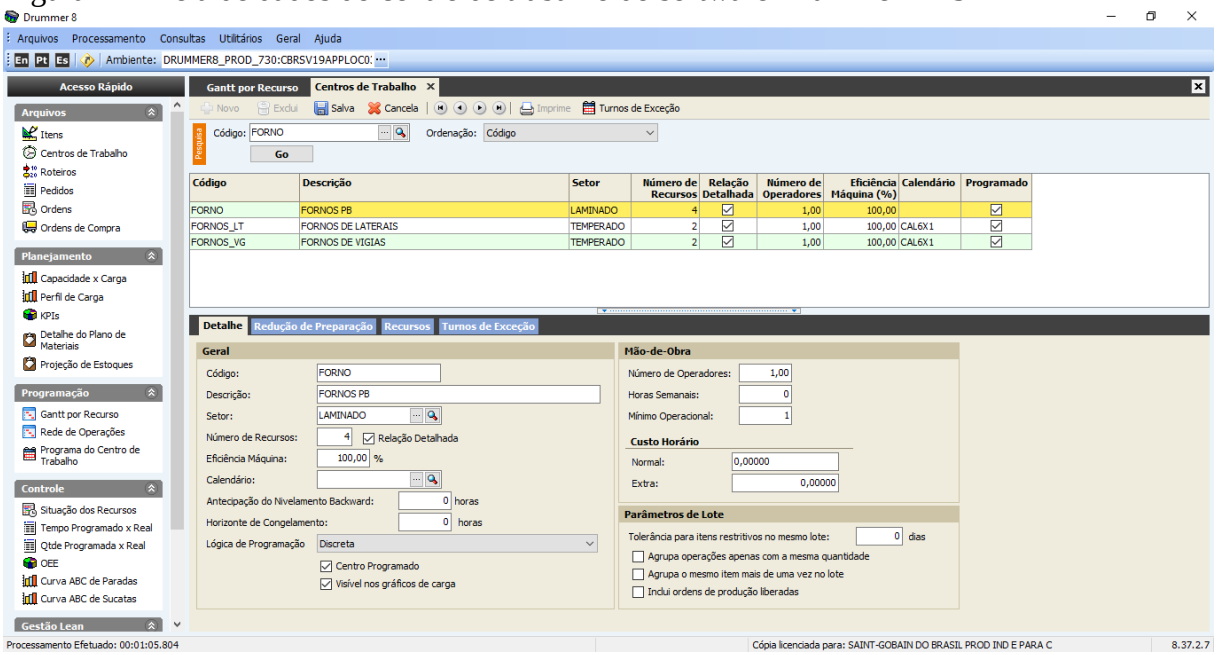
a) códigos e descrições dos recursos;
b) cadência por recurso;
c) códigos e descrições dos itens;
d) saldo dos itens;
e) roteiro dos itens;
f) sequência dos itens;
g) tempo de produção dos itens;
h) informações sobre clientes;
i) informações sobre fornecedores;
j) tempo de produção por produto.

4.2.9 Etapa 9 - Inserindo dados no sistema

O primeiro passo foi o cadastro dos dados dos centros de trabalho. Dados básicos como nome e descrição são importados junto com as informações retiradas em TXT do ERP da SAP, conforme o processo descrito na etapa 8, como mostra a figura 21. O primeiro campo inserido

é relativo ao setor, no caso da linha LL09 em estudo, setor laminado. Logo no campo abaixo ao setor é possível inserir a quantidade de recursos de cada centro de trabalho e logo abaixo sua respectiva eficiência.

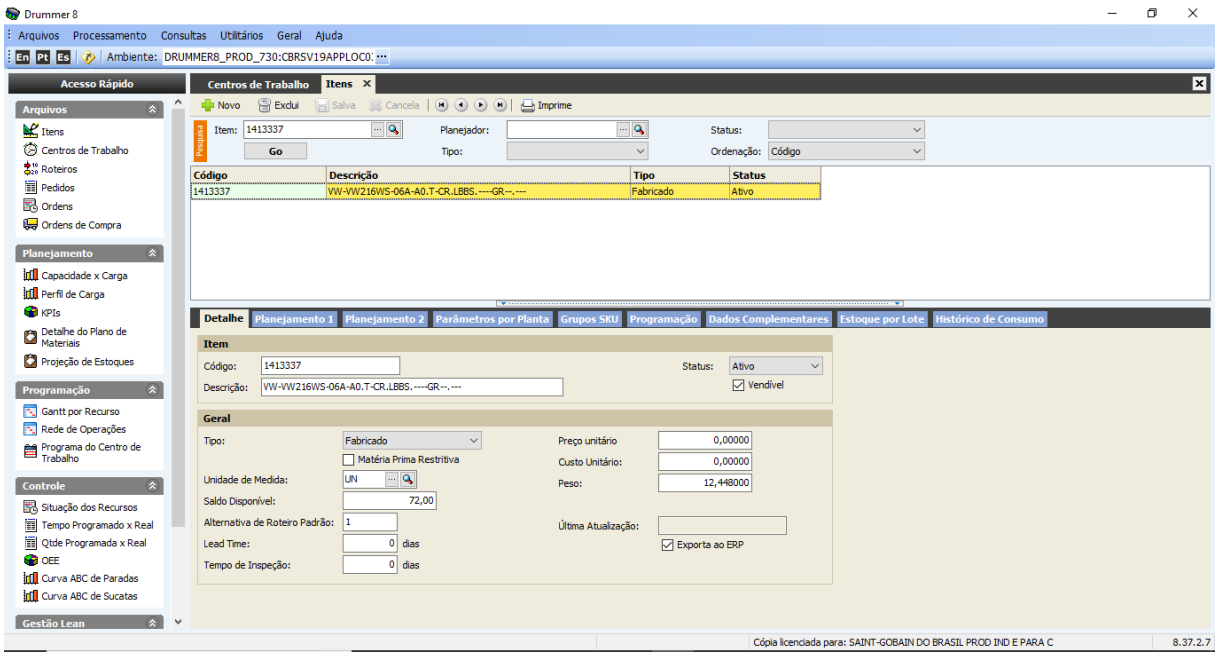
Figura 21 - Tela de dados do centro de trabalho do software Drummer APS



Fonte: empresa XPTO-A (2020) – Adaptado.

O segundo passo foi o cadastro dos itens, assim como os centros, dados básicos como código, descrição e saldo já são importados diretamente do ERP da SAP. Na figura 22, podemos verificar a tela que exibe os produtos e as informações, alguns dados não foram considerados por preferência da empresa como preço custo e peso, pois não teriam relevância nos objetivos desejados com o software.

Figura 22 - Tela de dados dos itens do software Drummer APS

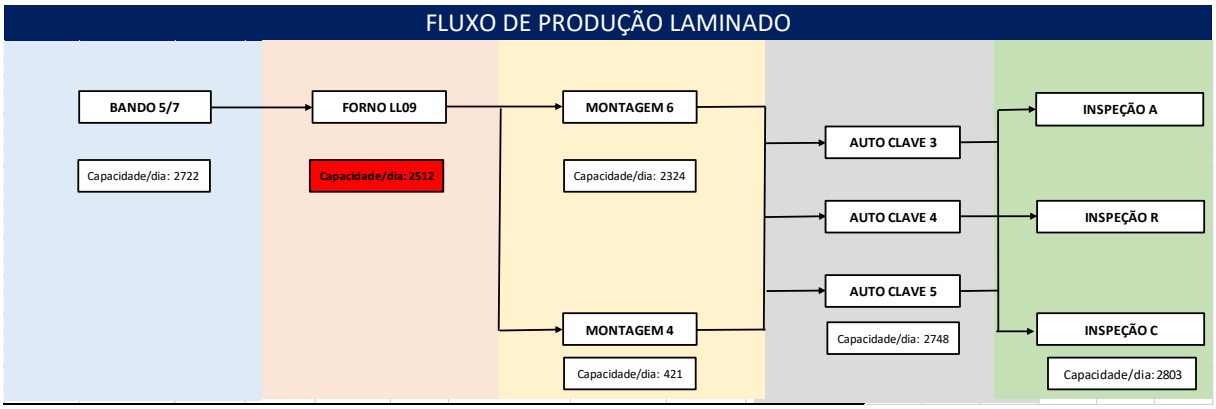


Fonte: empresa XPTO-A (2020) – Adaptado.

4.2.10 Etapa 10 - Definindo regras de sequenciamento e variáveis do processo

Após o cadastro e input dos dados básicos nos recursos e produtos, o software identifica qual é o recurso gargalo, como já era de conhecimento da equipe e segundo a figura 23 o gargalo das linhas são os fornos, por mais que o recurso montagem 6 tenha uma capacidade menor, os itens do recurso montagem 6 da linha também podem ser produzidos nas outras três montagens, como uma capacidade extra, o que não pode ocorrer com os itens do recursos forno e recursos de corte, desta forma o recurso forno torna-se o gargalo da produção. A figura 23 exibe a cadência de cada recurso da linha em estudo, os centros de trabalho autoclave e de inspeção compartilham a capacidade com as 4 linhas, a informação de cadência, destacada na imagem, é relativa à disponibilidade para a linha LL09 em estudo, assim como a capacidade exibida da montagem 4. Esta informação é relevante para a definição dos parâmetros e variáveis do processo, pois devem ser feitas a partir do centro de trabalho Montagens.

Figura 23- Identificação do gargalo de produção na linha LL09 da empresa



Fonte: empresa XPTO-A (2020) – Adaptado.

Retornando na tela dos centros de trabalho, exibido na figura 21, no tópico anterior, o campo de antecipação de nivelamento *backward* permite o input da quantidade de dias as datas de produção, em relação a do pedido, devem ser antecipados. Segundo o manual virtual do software Drummer APS, este parâmetro impacta na quantidade de tempo ocioso do recurso, caso não tenham pedidos no horizonte definido, o recurso ficará ocioso. É importante ressaltar que este parâmetro não tem impacto na sequência gerada. O parâmetro de antecipação do nivelamento *backward* foi definido pela equipe da empresa levando em conta a quantidade média de dias de estoque da linha LL09 e a variação da demanda, foram definidos horizonte de 10 dias (240 horas).

O horizonte de congelamento define a quantidade de dias mínimos que a programação não deve ser alterada, também definido pela empresa como 3 dias. O último campo é referente a lógica de programação do centro de trabalho, pode ser definida lógica discreta que tem como lógica sequenciar primeiramente os itens com maior atraso, ou pode-se utilizar lógica de lotes:

a) discreta: Cada recurso só pode processar as peças de um item por vez;

b) lote: Sequenciamento de acordo com parâmetros de lote.

Segundo o manual virtual do software Drummer (2020), utilizado como material de auxílio no processo de implementação, a lógica discreta, por default é sempre definida para cada centro de trabalho cadastrado, refere-se ao nivelamento da produção no centro de trabalho, quando cada recurso só pode processar as peças de um item por vez, envolvendo apenas os tempos de preparo de máquina e o de execução de produção.

Retornando a tela de produtos, para cada produto deve ser definido a política de sequenciamento das ordens, as políticas de ordem disponíveis são as seguintes:

a) discreta – para cada necessidade o processamento do software gera uma ordem com a mesma quantidade e data de entrega;

b) fixo por semana – a rotina de processamento agrupa todas as necessidades dentro de uma semana e gera uma única ordem no dia da semana especificado;

c) quantidade fixa – gera ordens com a quantidade definida no parâmetro Quantidade Fixa com quantidade suficiente para atender a demanda;

d) período fixo – são acumuladas todas as necessidades a partir da data da primeira necessidade abaixo do estoque de segurança e gerada uma única ordem;

e) ponto de reposição – são geradas ordens segundo a lógica de ponto de reposição;

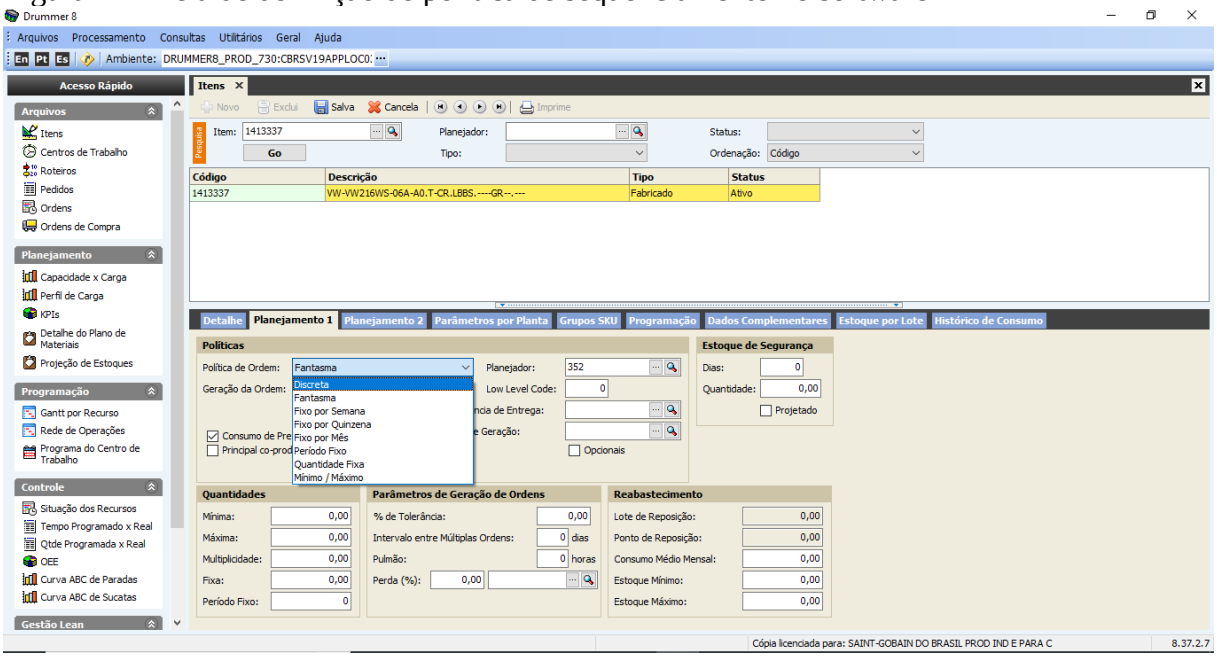
f) mínimo / máximo – gera ordem com quantidade suficiente para repor a quantidade máxima definida;

g) fantasma – informa que para este item não devem ser geradas ordens de produção; só é utilizado na rotina de Exportação de Ordens para o ERP;

h) manual – informa que não devem ser abertas ordens de produção para este item, pois serão abertas manualmente;

i) produção a granel – gera ordens para uma produção específica, onde o que é produzido será distribuído em outras operações gerando novos produtos que utilizam o produto já fabricado, sendo diferenciado apenas pela maneira que será embalado.

Figura 24 - Tela de definição de política de sequenciamento no software



Fonte: empresa XPTO-A (2020) – Adaptado.

Segundo o manual virtual do software Drummer APS (2020), na lógica discreta cada ordem é gerada para atender uma demanda específica. Está sujeita aos seguintes parâmetros: quantidade mínima, máxima e múltipla, intervalo entre múltiplas ordens e estoques de

segurança. A empresa ainda cita que a lógica é recomendada para operações do tipo fabricação sob encomenda (MTO).

Conforme diretrizes da empresa as políticas de ordem devem ser de ordem discreta, seguindo a recomendação do fabricante do software e para produção mais próxima da entrega, dentro dos parâmetros, e assim minimizar custos de estoque.

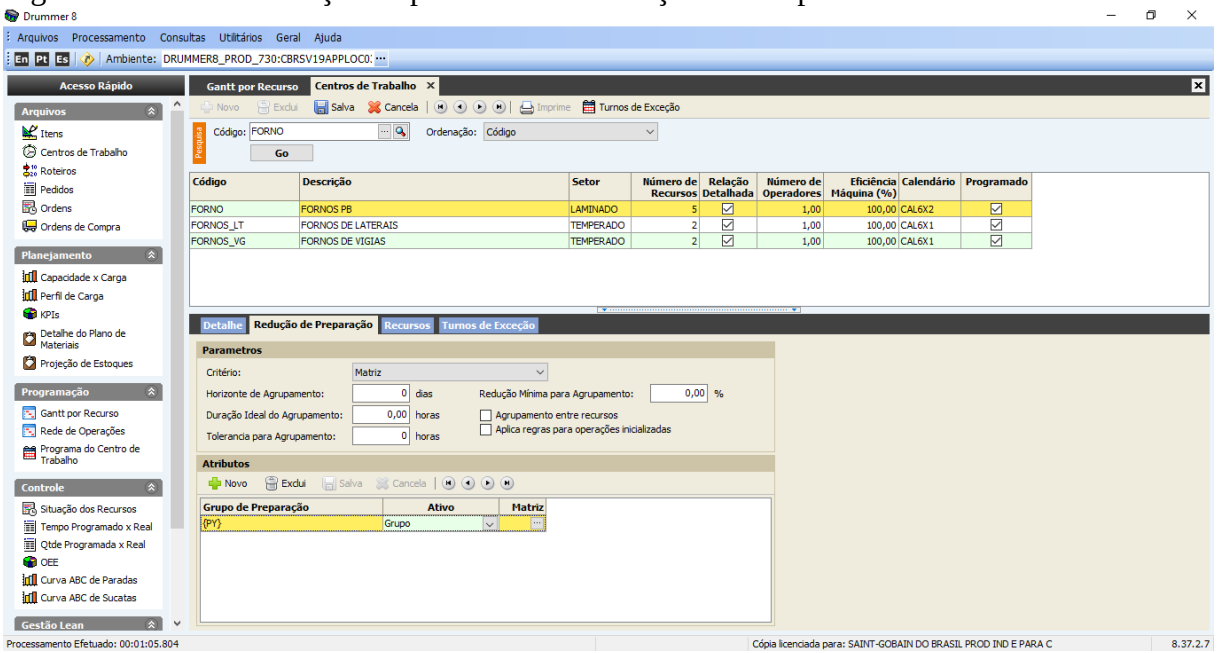
Segundo o manual virtual do software Drummer APS (2020), com a lógica discreta, é necessário inserir os seguintes parâmetros: quantidades mínimas, máximas, múltiplas, intervalo entre múltiplas ordens e estoque de segurança. As quantidades máximas e mínimas foram definidas, para a linha em estudo, pela empresa XPTO-A que realiza um cálculo a partir dos custos de produção, preparação e outros encargos que não serão detalhados pela segurança dos dados da empresa XPTO-A, a quantidade mínima foi definida como é de 800 unidades e máximo de 12200, a multiplicidade foi definida pelo múltiplo da embalagem do produto que são de 200 unidades. O parâmetro de intervalo entre múltiplas ordens foi seguido os parâmetros utilizados pela empresa de 5 dias entre múltiplas ordens. O parâmetro de estoque de segurança foi definido pelo contrato com clientes e estratégia da empresa XPTO-A como 5 dias.

Após o cadastro de itens e centros é importante definir o critério de redução de preparação que será o principal parâmetro de controle diário para realizar a programação, a partir dele é possível agrupar operações com objetivo de reduzir os tempos de setup. Existe possibilidade de inserir uma matriz de redução por produto ou a prioridade que agrupa itens com mesmo critério.

O critério definido pela empresa foram as dimensões da matéria prima que caso tiver mesma dimensão e seguir parâmetros as ordens devem ser agrupadas, o fornecedor criou um grupo de preparação com as reduções no programa. O parâmetro deve variar com cada programação para atender o principal requisito da empresa, o não atraso de ordem.

Como exibe a figura 25, os campos necessários são o horizonte de agrupamento, duração ideal de agrupamento e a tolerância, que definem o horizonte de agrupamento, e a indicação do grupo de preparação.

Figura 25 - Tela de inserção de parâmetros de redução de setup do software

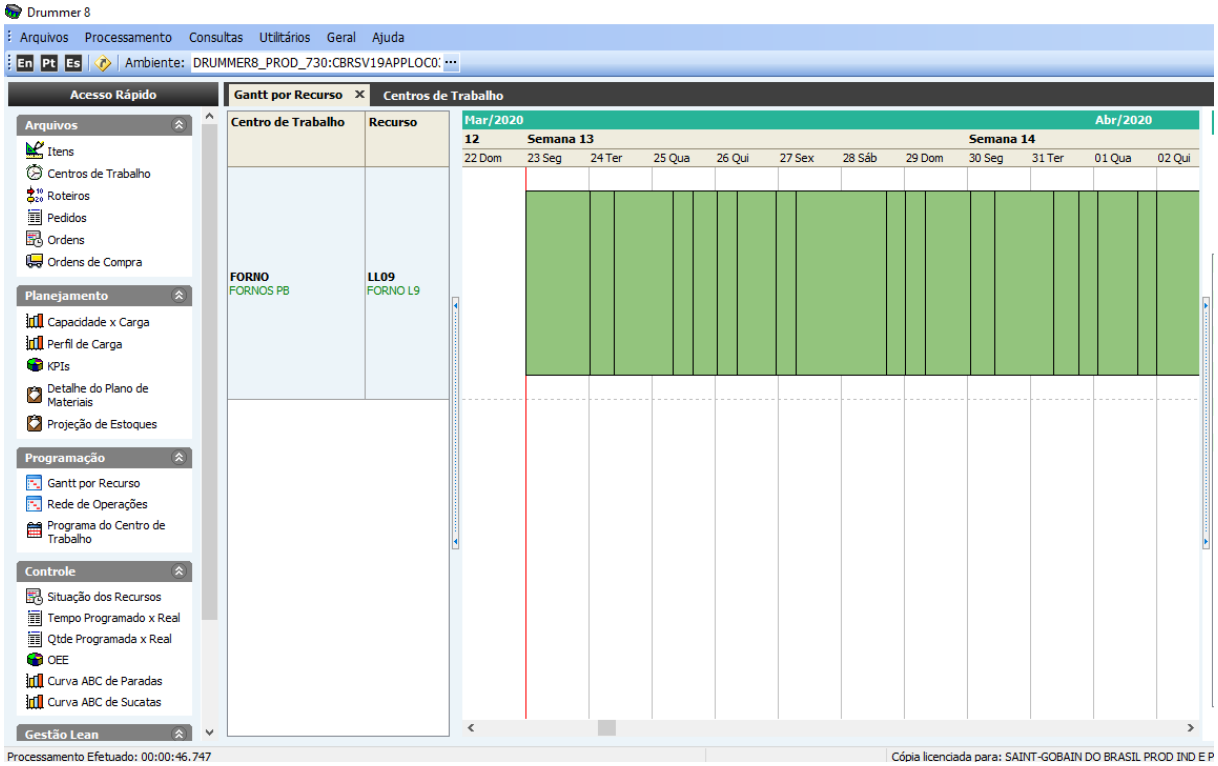


Fonte: empresa XPTO-A (2020) – Adaptado.

É importante ressaltar que a regra de agrupamento é prioritária, a programação gerada pode atrasar ordens dependendo dos parâmetros definidos. A figura 26 exibe o gráfico de GANTT de produção sugerido pelo software Drummer APS considerando zero dias de horizonte de agrupamento, ou seja, sem agrupar as ordens.

No gráfico de GANTT é exibida programação do forno LL09, recurso gargalo da operação, o gráfico é interativo, ao passar o mouse no gráfico são exibidas as informações dos respectivos produtos, como código, descrição, quantidade e data planejada, o parâmetro de agrupamento e a data de necessidade do pedido e seu número. Todas estas informações podem ser modificadas de acordo com preferência do usuário, o gráfico ainda exibe na cor vermelha as ordens que serão entregues com atraso, na cor amarela itens que serão produzidos com impacto no estoque de segurança e na cor verde que serão programados para produzir sem entrada no estoque de segurança, seguindo a lógica de programação e parâmetros estabelecidos.

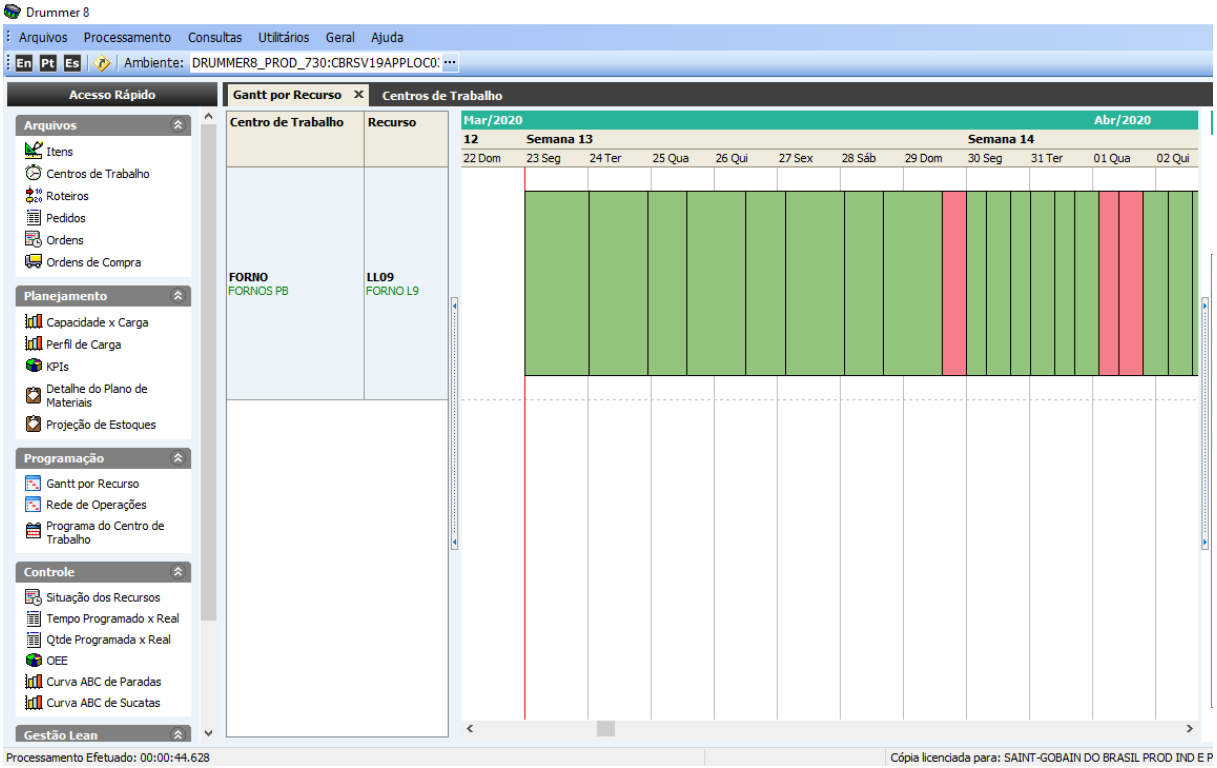
Figura 26 - GANTT de produção com parâmetros de agrupamento zerados



Fonte: empresa XPTO-A (2020) – Adaptado.

A figura 27 apresenta o gráfico de GANTT de produção sugerido pelo software após o input de 15 dias de horizonte de agrupamento, analisando imagem já é exibido na cor vermelha os itens que terão atraso na entrega com a programação gerada. Comparando o gráfico de GANTT gerado pelo software com 15 dias de parâmetro de agrupamento sem parâmetro é possível identificar que os parâmetros definidos como agrupamento podem gerar atrasos nas demandas. Desta forma o programador de produção deve realizar a simulação com os parâmetros definidos, analisar a programação e alterar os parâmetros até que a simulação esteja sem atrasos de entregas, conforme necessidade da empresa em estudo.

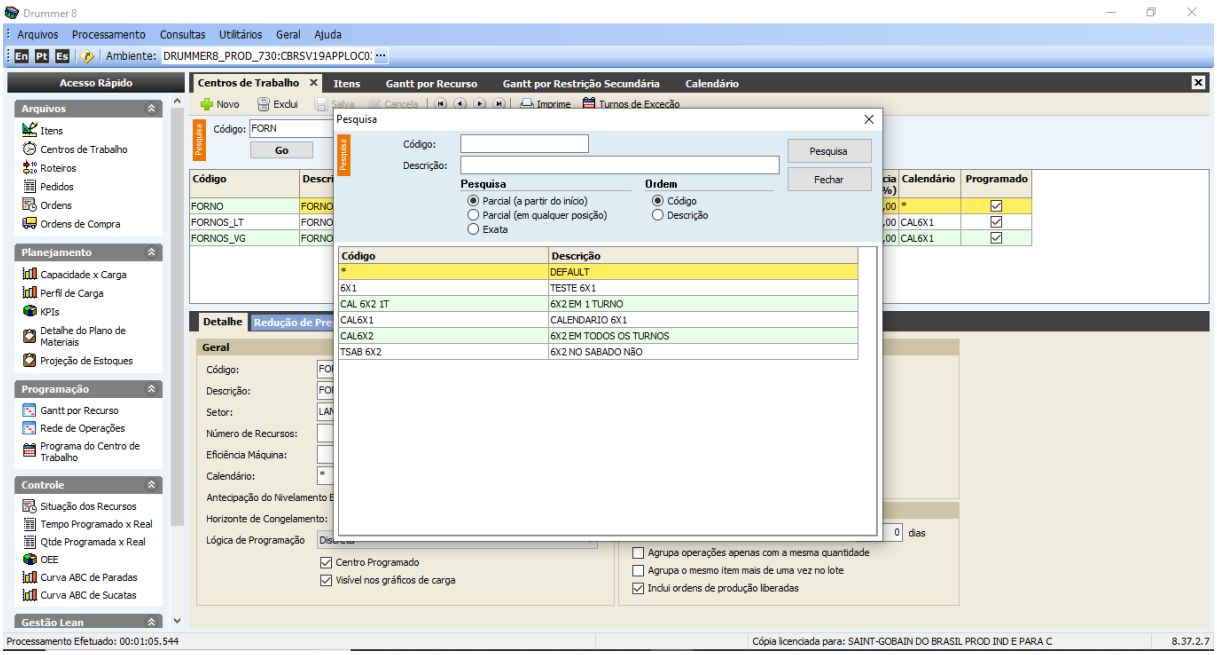
Figura 27 - Gráfico de GANTT com horizonte de agrupamento de 15 dias



Fonte: empresa XPTO-A (2020) – Adaptado.

A última entrada de dados realizada foi o calendário de trabalho de cada recurso, com as respectivas datas de operação definidas no campo que a figura 28 exibe.

Figura 28 - Tela de inserção do calendário por centro de trabalho do software



Fonte: empresa XPTO-A (2020) – Adaptado.

Com a finalização desta etapa as seguintes conclusões foram obtidas com a inserção dos parâmetros e as primeiras simulações, o sequenciamento do software necessita disponibilizar três dados básicos após o processamento das informações e parâmetros inseridos, a data de produção, a sequência da produção e a quantidade de cada item. A sequência de produção é calculada pelo parâmetro de geração de ordens que é do tipo discreta e sofre influência dos parâmetros de agrupamento. A data é calculada a partir da sequência, antecipando as ordens de acordo com a quantidade de dias de antecipação do nivelamento "*forward*" e ao calendário de funcionamento.

A quantidade do lote é calculada primeiramente respeitando a quantidade mínima para atender a quantidade da primeira necessidade, caso a quantidade em questão for menor que o lote mínimo este é adotado. Como este cálculo gera múltiplas ordens do mesmo produto é inserido ainda o intervalo entre múltiplas ordens para calcular o tamanho do lote.

Na etapa de definição das regras de sequenciamento e variáveis do processo foi necessária utilização de parâmetros definidos pela empresa e foram exibidos parâmetros que necessitam de constante mudança de acordo com status da produção para alcançar a programação desejada (parâmetros móveis), no quadro 5 estão indicados de forma clara quais parâmetros foram retirados da empresa e seu respectivo valor. No quadro 6, estão indicados quais parâmetros serão alterados para realizar a programação micro.

Quadro 5 - Parâmetros definidos pela empresa para inserção no software APS

Parametros fixos	Definição pela empresa
Horizonte de congelamento	3 dias
Política de sequenciamento	Discreta
Tamanho de lote mínimo	800 peças
Tamanho de lote máximo	12200 peças
Multiplicidade do lote	200 peças
Estoque de segurança	5 dias
Intervalo entre múltiplas ordens	5 dias
Antecipação Nivelamento backw ard	10 dias
Calendário dos recursos	6x2

Fonte: autor (2020).

Quadro 6 - Parâmetros móveis a serem inseridos no software Drummer APS

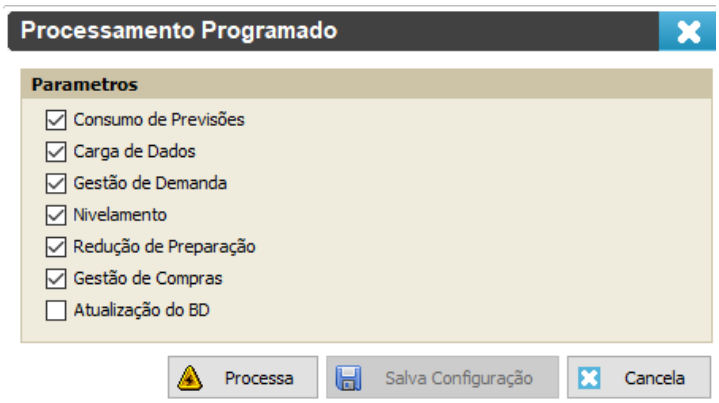
Parâmetros móveis
Horizonte de agrupamento
Duração ideal do agrupamento
Tolerancia para o agrupamento

Fonte: autor (2020).

4.2.11 Etapa 11 - Testes

Após todo input de informações no sistema, foram realizados os primeiros testes com os parâmetros inseridos. A figura 29 exibe o painel de processamento do software onde pode selecionar as opções de carregamento dos dados, consumo de previsões, gestão e nivelamento da demanda conforme os parâmetros informados, redução de preparação e gestão de compras para realização do MRP pelo APS. A caixa que permite atualização do Banco de dados (BD) tem como função atualizar o ERP da empresa com as ordens e outras informações, porém não pode ser utilizada pela empresa em estudo pois a conexão entre o APS e o ERP, como relatado, não é automática.

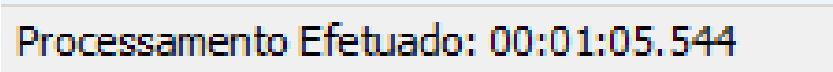
Figura 29 - Tela de processamento da programação do software Drummer APS



Fonte: empresa XPTO-A (2020) – Adaptado.

A figura 30 exibe o tempo gerado no teste realizado de 1 minuto e cinco segundos.

Figura 30 - Tempo de processamento do software Drummer APS



Fonte: empresa XPTO-A (2020) – Adaptado.

Para obtenção da programação gerada pelo software mais próxima do manual, foram realizados vários testes com os parâmetros de agrupamento diferentes e foram comparados com a programação realizada manual. Serão exibidas a comparação de 4 programações e os respectivos parâmetros utilizados em cada simulação com a simulação manual. A figura 31 exibe a foto da carteira de pedidos com os códigos envolvidos no horizonte de dez dias de programação. A figura 32 exibe o gráfico de GANTT do forno LL09 em estudo, realizado manualmente pelo programador da empresa XPTO-A, no padrão exibido nos tópicos anteriores do estudo. A comparação foi realizada em um período de 10 dias, horizonte ao qual o

programador da empresa XPTO-A tem costume de estender a programação, no período em comparação a empresa não tinha manutenções preventivas programadas.

Figura 31 - Carteira de pedidos do período programado na linha LL09

ACAB	BASE	VEÍCULO	MONTADORA	Forno	ESTOQUE FER1	Atraso	Data da entrada no estoque de seguran	23/3	24/3	25/3	26/3	27/3	28/3	29/3	30/3	31/3	1/4	2/4	3/4
1408953	1408952	[redacted]	[redacted]	9	268	0		170	34	204	204	204	0	0	204	34	204	170	34
					268	0	20/3	98	64	-140	-344	-548	-548	-548	-752	-786	-990	-1.160	-1.194
1251620	1172423			9	44	0		20	20	20	20	60	0	20	20	60	60	20	0
					44	0	22/3	89	69	49	29	-31	-51	-51	-71	-131	-151	-211	-211
1413315	1413314			9	1527	0		352	256	448	320	448	0	0	320	448	448	448	0
					1527	0	22/3	1.175	919	471	151	-297	-297	-297	-617	-1.065	-1.513	-1.961	-1.961
1412442	1412441			9	123	0		0	30	30	30	0	0	120	60	30	30	120	0
					123	0	24/3	123	93	63	33	33	33	-87	-147	-177	-207	-327	-327
1420586	1420585			9	535	0		0	273	90	90	0	0	273	90	273	90	0	0
					535	0	24/3	535	262	172	82	82	82	-191	-281	-554	-644	-644	-644
1250390	1250389			9	96	0		0	0	143	76	0	0	76	143	76	76	76	0
					96	0	25/3	365	365	222	146	146	146	70	-73	-149	-225	-301	-301
1408955	1408954			9	261	0		0	68	68	68	34	0	0	68	208	68	208	68
					261	0	25/3	261	193	125	57	23	23	23	-45	-253	-321	-529	-597
1413337	1413316			9	1229	0		0	320	320	288	288	0	0	448	256	160	256	0
					1229	0	25/3	1.229	909	589	301	13	13	13	-435	-691	-851	-1.107	-1.107
1251621	1172421			9	114	0		0	20	0	60	0	0	20	0	20	20	0	0
					114	0	26/3	114	94	94	34	34	34	14	14	-6	-26	-26	-26
1172442	1371395			9	3946	0		560	560	560	560	560	0	560	560	560	560	0	210
					3946	0	26/3	3.386	2.826	2.266	1.706	1.146	1.146	586	26	-534	-1.094	-1.094	-1.304
1275033	1275030			9	27	0		0	0	156	0	0	0	156	156	156	156	156	0
					27	0	26/3	545	545	389	389	389	389	233	77	-79	-235	-391	-391
1341875	1341874			9	1969	0		326	288	288	288	326	0	263	144	288	144	144	0
					1969	0	26/3	1.643	1.355	1.067	779	453	453	190	46	-242	-385	-530	-530
1279825	1279824			9	3869	0		0	400	400	0	400	0	400	400	0	400	400	0
					3869	0	3/4	3.869	3.469	3.069	3.069	2.669	2.669	2.269	1.869	1.869	1.469	1.069	1.069
1260665	1260664			9	0	0		0	0	240	0	0	0	34	0	0	204	0	0
					0	0	3/4	805	805	565	565	565	565	531	531	531	327	327	327
1308938	1308937			9	98	0		0	0	0	0	0	0	0	38	0	0	0	0
					98	0	7/4	98	98	98	98	98	98	98	60	60	60	60	60

Fonte: empresa XPTO-A (2020) – Adaptado.

Figura 32 - Gráfico de GANTT realizado manualmente pelo programador

	Semana	52					10%		Hs. Cap. Trabalho			24	Produção Dia								
	Data:	Turnos	Taxa Parada						Hs. Programadas			22,5	2510								
	23/03/2020	03	Taxa Utilização				90%		ZONA CONGELADA												
			Aplicação				Prog.	23/3	24/3	25/3	26/3	27/3	28/3	29/3	30/3	31/3	1/4	2/4			
Seq.	Artigo	SAP	VEÍCULO		cód corte/forno	PRIMITIVO		03	03	03	03	03	03	03	04	03	03	03			
1	[redacted]	1408953 1408952	[redacted]	LL09 MTG6	0 1412157 1412156	180V13300919 200V13300919	1000	1000													
2		1408955 1408954		LL09 MTG6	0 1412159 1412158	180V13300919 200V13300919	800	800													
3		1413315 1413314		LL09 MTG6	0 1413448 1413447	180V14500970 200V14500970	2400	710	1690												
4		1413337 1413316		LL09 MTG6	0 1413416 1413415	180V14500970 200V14500970	1600		820	780											
5		1251620 1172423		LL09 MTG6	1176172 1176173 1176171	200V14700974 200V14700974	800			800											
6		1251621 1172421		LL09 MTG6	1176169 1176170 1176168	200V14700974 200V14700974	800			800											
7		1420586 1420585		LL09 MTG6	0 1431351 1431350	200V11301163 200VG12591149	2000			130	1870										
8		1412442 1412441		LL09 MTG6	0 1429797 1429696	180V14891038 200V14891038	800				640	160									
9		1275033 1275030		LL09 MTG6	0 1309983 1309978	180V14051060 200V14051060	1600					1600									
10		1172442 1172441		LL09 MTG6	1176191 1176192 1176190	200V14480907 200V14480907	3200					750	2450								
11		1341875 1341874		LL09 MTG6	0 1358296 1358295	200V14940984 200V14940984	1800						60	1740							
12		1408953 1408952		LL09 MTG6	0 1412157 1412156	180V13300919 200V13300919	1000							770	230						
13		1408955 1408954		LL09 MTG6	0 1412159 1412158	180V13300919 200V13300919	800								800						
14		1413315 1413314		LL09 MTG6	0 1413448 1413447	180V14500970 200V14500970	2400								1480	920					
15		1413337 1413316		LL09 MTG6	0 1413416 1413415	180V14500970 200V14500970	1600									1590	10				
16		1420586 1420585		LL09 MTG6	0 1431351 1431350	200V11301163 200VG12591149	1000										1000				
17		1172442 1172441		LL09 MTG6	1176191 1176192 1176190	200V14480907 200V14480907	3200										1500	1700			

Fonte: empresa XPTO-A (2020) – Adaptado.

O Teste 1 foi realizado com parâmetros zerados de agrupamentos. A tabela 2 exibe os parâmetros utilizados e a figura 33 exibe o gráfico de GANTT de produção exibido pelo

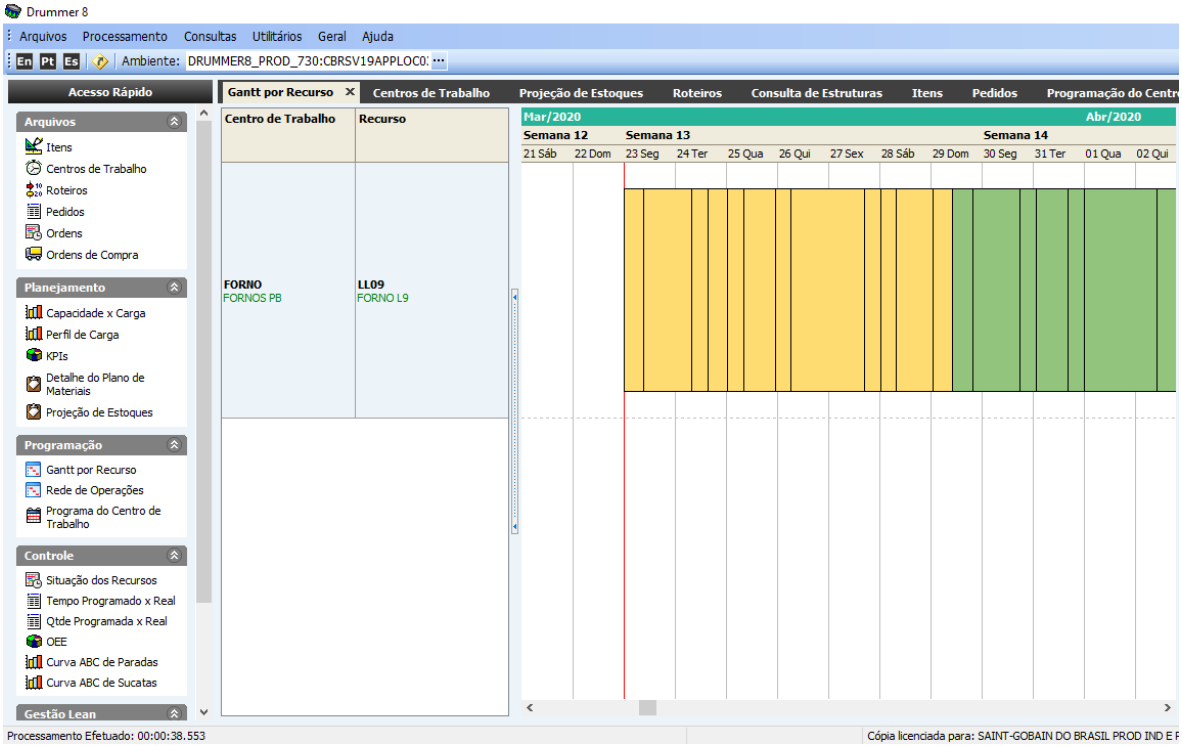
software, no anexo A, é possível verificar o arquivo exportado para planilha de Excel da programação com todas informações relevantes.

Tabela 2 - Parâmetros de agrupamento utilizados no teste 1

Parâmetros de agrupamento	Parâmetro utilizado no Teste
Horizonte de agrupamento	0 dias
Duração ideal do agrupamento	0 horas
Tolerância para o agrupamento	0 horas

Fonte: autor (2020).

Figura 33 - Gráfico de GANTT do Teste 1 exibido pelo software Drummer APS



Fonte: empresa XPTO-A (2020) – Adaptado.

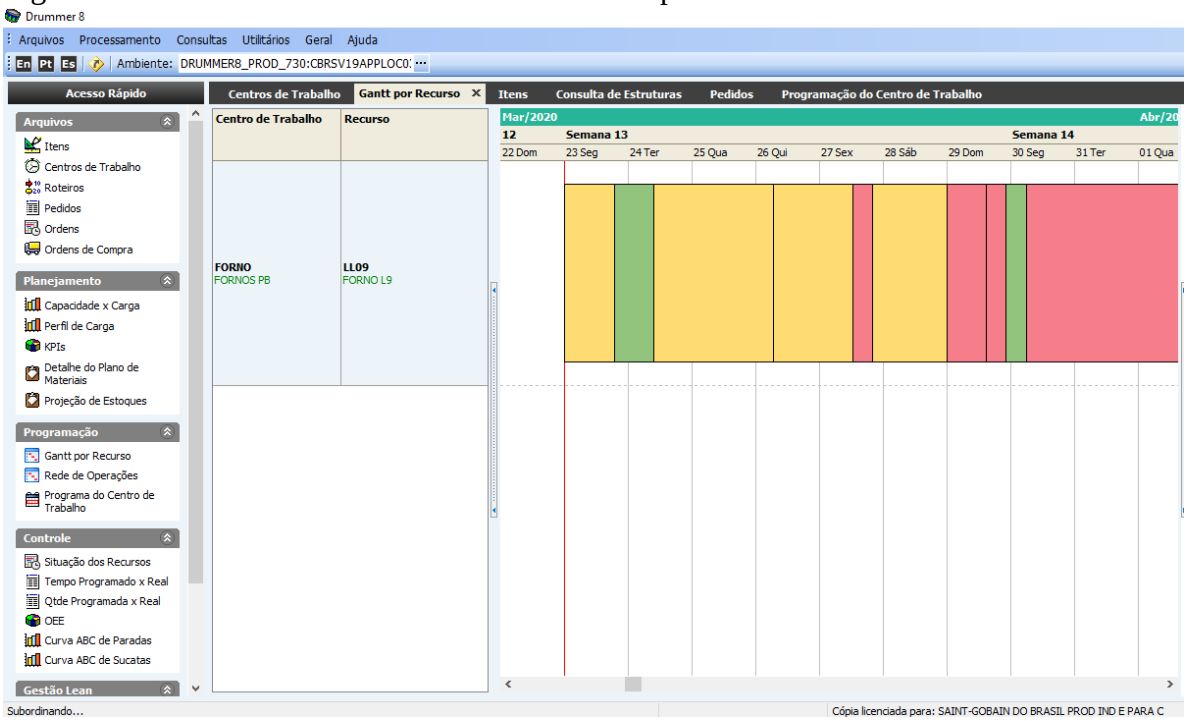
O Teste 2 foi realizado com parâmetros altos de agrupamentos o que exibe o gráfico de GANTT do software em estudo apresentado na figura 34. A tabela 3 exibe os parâmetros utilizados. O arquivo exportado para planilha de Excel da programação com todas informações relevantes está disponível no anexo B.

Tabela 3 - Parâmetros de agrupamento utilizados no teste 2

Parâmetros de agrupamento	Parâmetro utilizado no Teste
Horizonte de agrupamento	10 dias
Duração ideal do agrupamento	240 horas
Tolerância para o agrupamento	168 horas

Fonte: empresa XPTO-A (2020) – Adaptado.

Figura 34 - Gráfico de GANTT do Teste 2 exibido pelo software Drummer APS



Fonte: empresa XPTO-A (2020) – Adaptado.

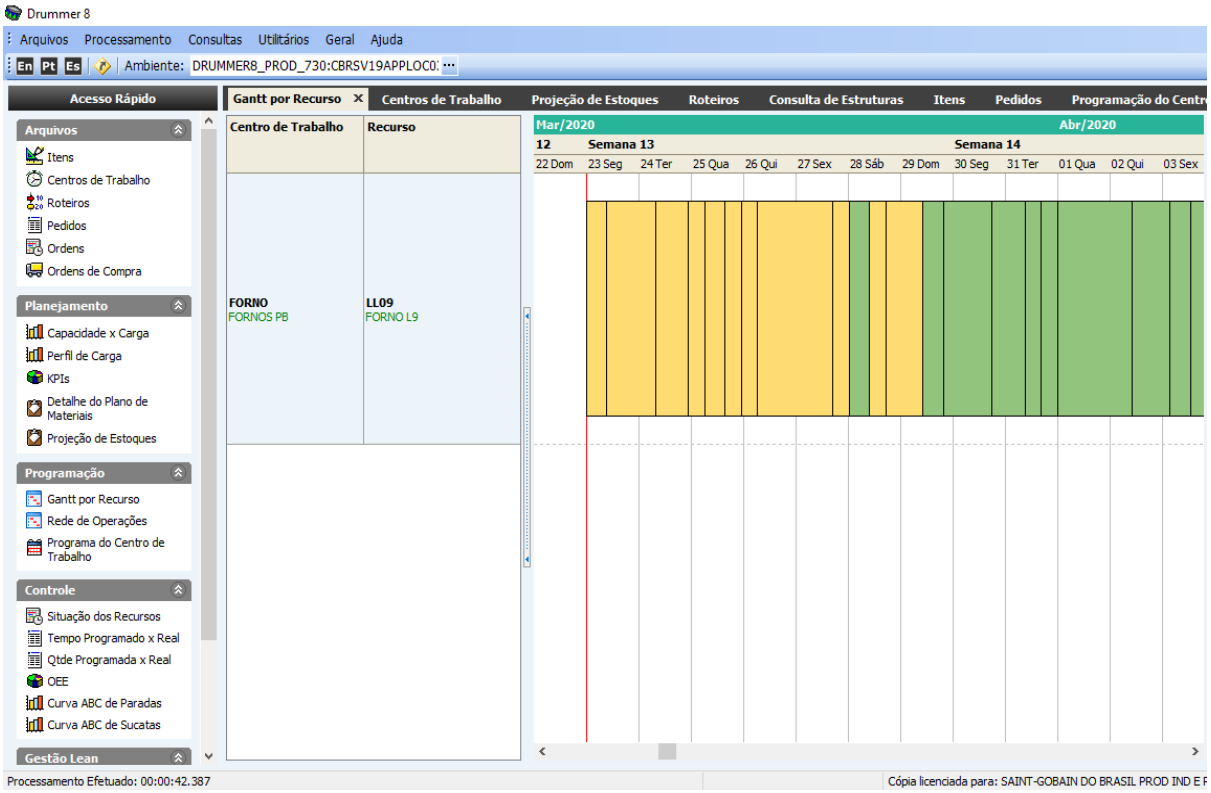
A tabela 4 exibe os parâmetros utilizados no teste 3, e a figura 35 exibe o gráfico de GANTT de produção exibido pelo software, no anexo C é possível verificar o arquivo exportado para planilha de Excel da programação com todas informações relevantes.

Tabela 4 - Parâmetros de agrupamento utilizados no teste 3

Parâmetros de agrupamento	**Parâmetro utilizado no Teste**
Horizonte de agrupamento	3 dias
Duração ideal do agrupamento	48 horas
Tolerância para o agrupamento	24 horas

Fonte: empresa XPTO-A (2020) – Adaptado.

Figura 35 - Gráfico de GANTT do Teste 3 exibido pelo software Drummer APS



Fonte: empresa XPTO-A (2020) – Adaptado.

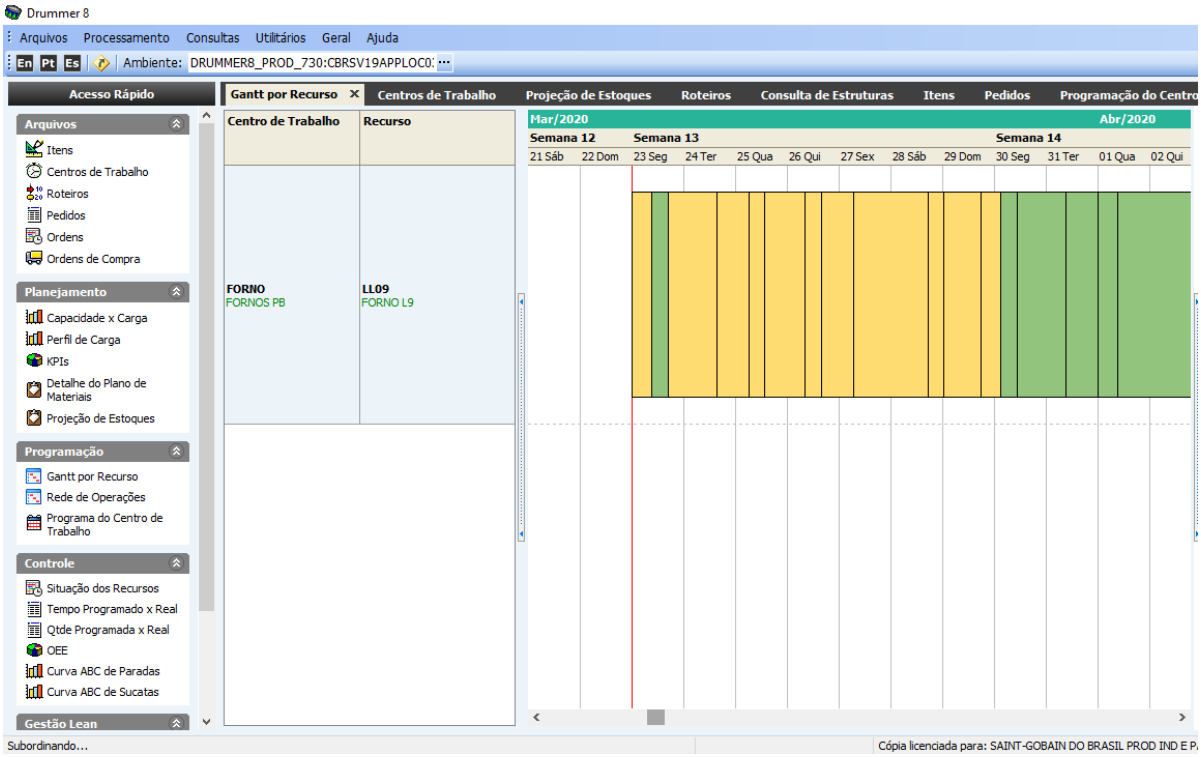
O Teste 4 é o teste que mais se aproxima com a programação gerada manualmente, nos próximos tópicos será detalhado as semelhanças e diferenças. A tabela 5 exibe os parâmetros utilizados na simulação e a figura 36 exibe o gráfico de GANTT de produção exibido pelo software, no anexo D, é possível verificar o arquivo exportado para planilha de Excel da programação com todas informações relevantes.

Tabela 5 - Parâmetros de agrupamento utilizados no teste 4

Parâmetros de agrupamento	Parâmetro utilizado no Teste
Horizonte de agrupamento	5 dias
Duração ideal do agrupamento	96 horas
Tolerância para o agrupamento	48 horas

Fonte: empresa XPTO-A (2020) – Adaptado.

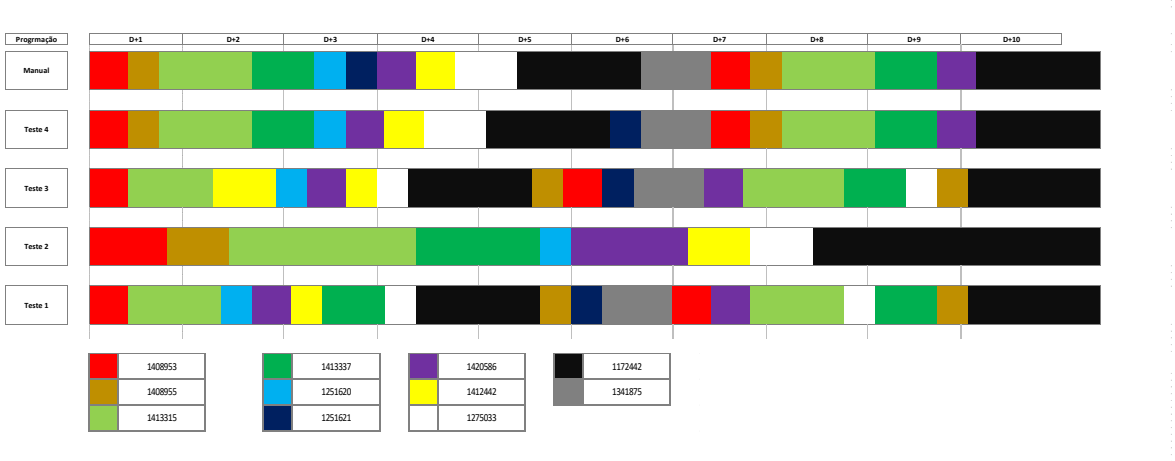
Figura 36 - Gráfico de GANTT do Teste 4 exibido pelo software Drummer APS



Fonte: empresa XPTO-A (2020) – Adaptado.

A partir dos arquivos exportados para planilha de Excel, a figura 37, apresenta a comparação entre o gráfico de GANTT de cada teste e o gráfico de GANTT manual. Na imagem cada cor representa um produto e as quantidades estão proporcionais ao tamanho da barra de determinado produto.

Figura 37 - Comparação entre os gráficos de GANTT gerados



Fonte: empresa XPTO-A (2020) – Adaptado.

Analisando os resultados dos testes e a imagem comparativa é possível concluir que a simulação mais próxima do manual foi obtida com o Teste 4. O gráfico de GANTT mais

diferente do manual foi obtido pelo teste 2, onde parâmetros eram muito altos de agrupamentos, a programação exibiu lotes altos e vários itens com atraso. O teste 1 estava com os parâmetros de agrupamento zerados, a sequência obtida é a mais segura, pois a sequência é ditada pela necessidade dos primeiros produtos. O teste 3 obteve bons resultados em comparação com programação manual, porém como horizonte de agrupamento era de apenas 3 dias algumas ordens não foram agrupadas o que gerou uma diferença na sequência e nas datas de produção, porém resultou em lotes de tamanho iguais a programação manual.

O teste 4 apresentou todos lotes de tamanho igual a produção manual, as datas e a sequência foram muito parecidas se diferenciando apenas na data de produção do item (1251621) que foi adiantada produção na programação manual para reduzir o agrupamento. Esta diferença pode ser explicada pela programação manual feita pelo programador não seguir um padrão de agrupamento e o software ter este padrão fixo independente do horizonte, ou seja, segue os mesmos parâmetros todo horizonte de programação. Porém obteve um resultado satisfatório, apenas com algumas correções manuais que podem ser realizadas pelo programador no dia a dia, é possível obter uma programação utilizando o software Drummer APS igual a manual realizada pelo programador da empresa XPTO-A.

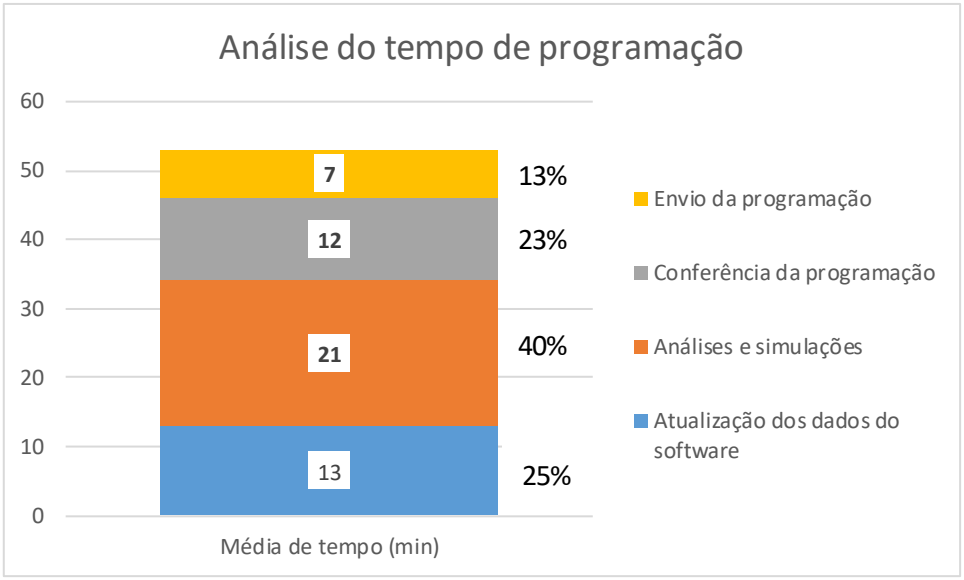
Após a conclusão dos testes, foi realizada a medição do tempo de programação da linha LL09. Seguindo o mesmo formulário criado para medição anterior, a equipe realizou o procedimento de programação com o software Drummer APS, a tabela 6 e a figura 38 exibem os tempos das atividades de programação requeridas com a utilização do software.

Tabela 6 - Tempos de programação utilizando software Drummer APS

Atividade	Média de tempo (min)	Porcentagem do tempo total
Atualização dos dados do software	13	25%
Análises e simulações	21	40%
Conferência da programação	12	23%
Envio da programação	7	13%
Total	53	100%

Fonte: autor (2020).

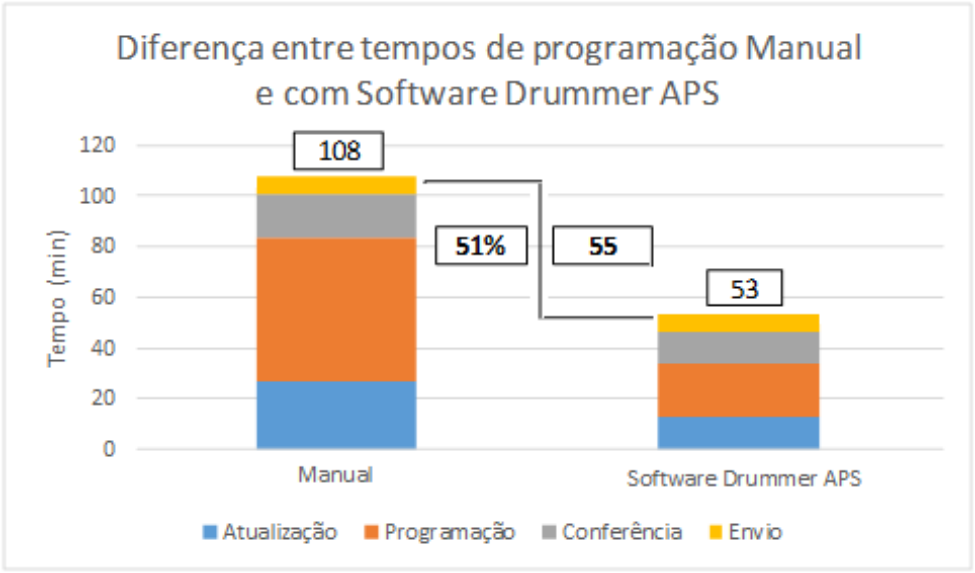
Figura 38 - Análise dos tempos de programação utilizando software Drummer APS



Fonte: autor (2020).

A figura 39 exibe a comparação entre o tempo anterior de programação da linha do modo manual utilizando planilhas do software Excel com o tempo utilizando a ferramenta Drummer APS.

Figura 39 - Comparação entre os tempos de programação manual e do software



Fonte: empresa XPTO-A (2020) – Adaptado.

4.2.12 Etapa 12 - Implementação

A escolha pela empresa foi de realizar a implementação em um processo modular, desta forma realizariam a programação dos dois modos até a implementação em todo sistema, a principal justificativa foi em relação a segurança do processo pois é muito delicado e qualquer erro pode resultar em uma grande perda para qualidade do atendimento aos clientes da empresa XPTO-A, e para correta implementação nas outras linhas teria uma grande dificuldade de correção dos dados nos sistemas de cada recurso e produto.

4.3 RESULTADOS

Até o momento o sistema Drummer APS de programação avançada se mostrou apto a resolver os problemas impostos pelos processos de uma produção complexa e com o mix variado.

Segundo o Quadro 2, os autores Andrade, Zanoni e Marçola (2011), expõem os benefícios com a implementação de softwares APS como a redução dos custos de estoques, redução de desperdícios com setup, precisão nos prazos de entrega. Estes ganhos, de acordo com a empresa, já são obtidos, mesmo com a morosa programação realizada no dia a dia. No entanto, a redução no tempo requerido para a programação da produção, ponto também mencionado pelos autores, ainda se constituía um problema – ponto que nesta pesquisa foi trabalhado. Os mesmos autores exibem ainda o benefício da agilidade da programação como diferencial competitivo para empresa. O autor Gadioli (2003), exibe que os grandes responsáveis pela popularidade forte dos sistemas de programação APS são a agilidade e possibilidade de personalização, em um mesmo pensamento, Souza (2014) expõe, entre outros benefícios a velocidade de processamento da operação.

A comparação entre o sequenciamento gerado pelo software e o manual, gerado pelo programador da empresa em estudo, apresentam pequenas diferenças que podem ser ajustadas manualmente sem demora. O tempo medido, necessário para realizar a programação do software implementado em comparação ao método anterior, realizado manualmente, é notavelmente menor, uma redução de 51% do tempo total.

Este tempo poderia ser reduzido ainda mais e tem um alto potencial de melhorar os ganhos obtidos se replicar para toda fábrica. A troca de informações entre os sistemas ERP e APS teve que ser realizada em um método mais lento que o planejado, a empresa impede a comunicação direta entre os softwares por segurança cibernética, o que poderia ser explorado melhor pela empresa para encontrar um método para realizar a conexão entre ambos softwares sem apresentar perigo e assim diminuir ainda mais o tempo de importação das informações

entre os softwares. Outro fator importante é a experiência, como é um método novo de realizar a atividade de programação o tempo que é efetivamente utilizado para realizar a programação pode diminuir com o ganho de experiência dos programadores responsáveis na utilização dos softwares APS.

Apesar das perdas relatadas, o resultado do tempo de programação com a utilização do software Drummer APS é, notavelmente, menor. Considerando a realização de uma programação ao dia, com um mês de 22 dias úteis, se obtém a redução de 20 horas e 10 minutos apenas na linha L009 em estudo, e com a implementação dos softwares nas outras linhas de produção teria um impacto ainda maior.

Este tempo reduzido na carga horária dos programadores pode reduzir drasticamente a quantidade de horas extras necessárias relatadas pela equipe da empresa em estudo, pode possibilitar aos programadores em questão realizarem outros projetos e análises mais ricas por terem mais tempo disponível. O tempo reduzido também é em relação a resposta aos clientes, uma vez que análises são realizadas mais rapidamente, é possível oferecer respostas mais rápidas a eventuais reprogramas e com isso surpreender as expectativas dos clientes.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo aprofundar o conhecimento acerca da implementação de um software APS e analisar os benefícios que o mesmo pode trazer para uma operação de produção. No presente trabalho o ganho de tempo na programação de produção em uma empresa do setor automotivo foi analisado. A empresa abordada no estudo denominada XPTO-A, enfrentava um desafio para diminuir o tempo de programação da produção e na busca por uma solução, realiza a implementação do software de programação avançada Drummer APS.

A presente pesquisa teve como objetivo geral aprofundar o conhecimento acerca da implementação de softwares APS e analisar o ganho de tempo na programação de produção. Para alcançar o objetivo principal foram propostos sete objetivos específicos. Os dois primeiros objetivos são relativos aos métodos e sistemas de programação, controle e sequenciamento e as filosofias em que estes sistemas se baseiam, estes objetivos foram obtidos a partir do estudo e compreensão das referências do trabalho.

Os passos e etapas da implementação de um novo sistema apresentados pela autora Zattar (2003) foram seguidos. Estes passos se mostraram de grande importância para realizar a implementação com sucesso, uma vez que a programação dos recursos na empresa XPTO-A, é um processo delicado que pode resultar em desastres monetários para empresa caso quebre contrato de atendimento com algum cliente. A metodologia adotada se mostrou eficaz como um guia para implementação do software APS, evitando que alguma etapa não seja percebida, podendo gerar futuros problemas. Apenas com a fundamentação sobre o tema foi possível o entendimento completo das etapas problemas enfrentados e resultados obtidos.

Todas as etapas de implementação foram acompanhadas, identificando e analisando as dificuldades no decorrer do trabalho. Durante o processo de acompanhamento da implementação do software muito conhecimento foi agregado aos envolvidos o que permitiu alcançar o próximo objetivo proposto, o de compreender todos parâmetros, o significado deles no dia a dia da programação de produção, como eles são considerados pelos programadores na realização dos cálculos manuais e como estes parâmetros refletem na programação gerada posteriormente pelo software Drummer APS. A comparação entre as programações geradas pelo software e manualmente foi realizada com a importação dos dados e higienização dos mesmos pelo software Excel e então realizada as contas e gráficos expostos no trabalho. A comparação entre os tempos mostra um ganho de 51% no tempo de programação utilizando o software Drummer.

O tempo de programação calculado com a utilização do software pode trazer benefícios monetários para empresa com a redução de horas extras dos funcionários e tem potencial para reduzir ainda mais este tempo com a reaplicação para outras linhas e experiências dos programadores com a ferramenta nova, além de ser um diferencial para o mercado uma vez que terão respostas mais rápidas para possíveis reprogramações.

É fundamental que todos setores envolvidos estejam comprometidos com a atualização de dados e a manutenção desses sistemas. Este é um aspecto que foi observado durante a pesquisa e ficou evidente que a correta definição da equipe e tempo de disponibilidade para o projeto pode ser o diferencial para o sucesso. Outro aspecto percebido durante a pesquisa foi a importância da compreensão de toda estrutura produtiva e a forma como o PCP é programado para se obter os melhores parâmetros a serem inseridos no software.

Por fim, como citado no tópico 2.5.1.1 segundo Carvalho (2018), a implementação de um software APS envolve também mudanças na cultura e na forma de trabalhar, evidenciando a necessidade de treinamento para que estas mudanças se consolidem entre os envolvidos. Ponto este que ficou claro para os gestores da empresa XPTO-A.

A pesquisa entre os funcionários é muito importante, pois exibe a necessidade e a visão de quem realiza as atividades no dia a dia e foi decisiva na escolha do critério a ser trabalhado, a redução no tempo de programação. A pesquisa realizada expôs dois pontos importantes, primeiro a necessidade de aumentar a velocidade de programação uma vez que foram relatadas frequentes reprogramações da demanda, problemas de qualidade e defeitos em máquinas, problemas que necessitam na maioria das vezes a reprogramação da produção e segundo a qualidade ruim dos dados no banco de dados, o que gera a necessidade de revisões nos bancos de dados e a definição de padrões que garantem a correta inserção dos novos dados. A maior dificuldade relatada pela equipe de implantação no processo foi a qualidade dos dados no sistema, foram necessárias várias revisões dos dados após o início e durante o processo para possibilitar o correto processamento do software. Qualquer dado que esteja errado na base de dados da empresa gera um cenário incorreto da produção e consequentemente uma programação que não reflete a realidade. A fase de testes do processo de implementação foi essencial para finalizar a correção, pois possibilitou a comparação fina entre os itens divergentes e a consequente correção. Portanto, a pesquisa realizada, além de apontar para direção correta a ser trabalhada, também antecipou os principais problemas que iriam ocorrer.

Os resultados obtidos nesta pesquisa não podem ser generalizados por estar contido em apenas uma empresa e ter analisado apenas um setor. No entanto, novos estudos podem se originar, como por exemplo, um estudo de caráter semelhante em uma produção que tenha

como a estratégia da produção MTS (*make to stock*), em que os pré-requisitos e desafios são diversos, para se obter um comparativo dos tempos manuais e com a utilização do software APS, analisando os fatores que influenciam na programação de produção gerada pelo software. Estudos futuros também podem focar na análise que o fator humano tem nas atividades de atualização dos dados presentes nos softwares APS.

REFERÊNCIAS

ALVES, A. P.; ALMEIDA, R. S.; COGAN, S.; BOMFIM, P. R. C. M.; GOUVEIA, V. A. L**. Utilizando o Processo de Raciocínio da Teoria das Restrições para a Gestão de Projetos de Pesquisas e Atividades Científicas**. XVII Congresso Brasileiro de Custos, Belo Horizonte, 03 a 05 nov. 2010.

ANDRADE, J. H.; ZANONI, E. F.; MARÇOLA, J. A. **Programação da produção: lições aprendidas a partir do estudo de caso do processo de implantação de um sistema APS em uma empresa industrial**. XVII Bauru, SP, Brasil, p. 7-9, 2011.

CARDOZO, L. T**. Desenvolvimento e integração de um sistema de programação da produção com capacidade finita**. 2016.

CHIAVENATO, I. **Gestão da Produção: Uma abordagem Introdutória.** 3ª Edição. Manole, 2017.

CÔRREA, H. L.; GIANESE, I. G. N.; CAON, M. **Planejamento, programação e controle da produção.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

CÔRREA, H. L.; GIANESE, I. G. N.; CAON, M. **Planejamento, Programação e Controle da Produção.** 5ª Ed. São Paulo: Atlas, 2017.

DE SOUSA, T. B. et al. **An overview of the advanced planning and scheduling systems. Independent Journal of Management & Production,** v. 5, n. 4, p. 1032-1049, 2014.

DE SOUSA, T. B. **Referencial teórico sobre sistemas APS: um ponto de partida para futuras pesquisas. In.** Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Bento Gonçalves, RS, 2012.

DUMOND, E. (2005). **Understanding and using the capabilities of finite scheduling**. Industrial Management & Data Systems, 105(4), 506-526.

EHRART, A.; FAÉ, C.; MENESES, G. **Sistemas avançados de planejamento da produção: uma aplicação na indústria moveleira**. SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 10, 2007, São Paulo. Arquivo SIMPOI. São Paulo, FGV, 2007.

FAÉ, C. S.; ERHART, A. **A introdução das ferramentas APS nos sistemas de planejamento, programação e controle da produção**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Porto Alegre, 2005.

FERNANDES, F. C., FILHO, M. G. **Planejamento e Controle da Produção: dos fundamentos ao essencial.** 1. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

FERREIRA, J. C. E.; ZATTAR, I. C. **Seleção de Softwares de Programação da Produção Baseados em Capacidade Finita Através da Relação entre o Ambiente Produtivo e o Modelo de Scheduling**. In: 3o Congresso Nacional de Engenharia Mecânica (CONEM), Belém, PA. 2004.

GADIOLI, J. A. S. et al. **Programação com capacidade finita e APS no setor de serviços**. 2003.

GIACON, E.; MESQUITA, M. A. **Levantamento das práticas de programação detalhada da produção: um survey na indústria paulista**. Gestão & Produção, v. 18, n. 3, p. 487-498, 2011.

GOLDRATT, E. M.; COX, J. **A meta: um processo de aprimoramento contínuo. 2 ed**. São Paulo: Nobel, 2003.

GOLDRATT, E. M. **A síndrome do palheiro: garimpando informações num oceano de dados**. São Paulo: C. Fullmann, 1991.

HARRISON, M. **Finite scheduling in perspective**. BPICS CONTROL, v. 19, p. 33-33, 1992.

HIRSCHHEIMER, F. S. et al. **Um estudo de caso sobre a implementação de um APS de otimização no gerenciamento e organização da produção**. 2013.

Linter Software de Manufatura. Conheça o Software Drummer APS. Disponível em: <http://www.linter.com.br/conheca-o-software.>Acesso em dois de novembro de 2019.

MACCARTHY, B. L.; FERNANDES, F. C. F. **A multi-dimensional classification of production systems for the design and selection of production planning and control systems. Production Planning & Control,** v. 11, n. 5, p. 481-496, 2000

MACIEL, M. R. **Desenvolvimento de um software de apoio ao ensino de métodos de planejamento e controle da produção em ambientes MTS baseado na teoria das restrições**. 2012.

MARTINS, D. S. **APS (Advanced Planning & Scheduling). A utilização do sistema de capacidade finita como diferencial competitivo.** 2013.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da Produção. 2ª Ed**. São Paulo: Saraiva, 2005.

MENEGHELLO, G. C.; MARTINS, D. S. **APS (ADVANCED PLANNING & SCHEDULING) – A UTILIZAÇÃO DO SISTEMA DE CAPACIDADE FINITA COMO DIFERENCIAL COMPETITIVOS.** REGRAD-Revista Eletrônica de Graduação do UNIVEM-ISSN 1984-7866, v. 8, n. 1, p. 51-74, 2015.

MIGUEL, P. A. C. **Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução**. Production, v. 17, n. 1, 2007.

QUINN, G.; NOVELS, M. **Analyzing production schedules.** IIE Solutions, v. 33, n. 2, p. 38-38, 2001.

REKLAITIS, G. V. **Overview of planning and scheduling technologies**. Latin American Applied Research, v. 30, n. 4, p. 285-293, 2000.

RODRIGUES, L. H; PANTALEÃO, L. H.; SCHUCH, C. **Uma Abordagem para Construção de Sistemas de Indicadores Alinhando a Teoria das Restrições e o Balanced Scorecard.** In: ENCONTRO ANUAL DA ANPAD - Associação Nacional dos Programas de Pós-graduação em Administração, 27., Atibaia, São Paulo, 2003.

SIMÕES, W. L. **A influência do PCP no lead time de produção**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Luterana do Brasil. Mato Grosso do Sul, 2013.

SOUSA, T. B. **A implantação de sistemas APS sob a perspectiva de redes de inovação auto-organizadas.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SOUZA, C. A. **Sistemas integrados de gestão empresarial: estudo de casos de implementação de sistemas ERP.** Dissertação de Mestrado – FEA-USP, São Paulo, 2000.

SOUZA, F. B**. From the OPT to the Theory of Constraints: advances and myths.** Production, v. 15, n. 2, p. 184-197, 2005.

SOUZA, T. B. **A produção acadêmica sobre sistemas APS na Engenharia de Produção: um levantamento em congressos e periódicos nacionais.** 2014. 18 f. – Centro Universitário Eurípides de Marília - UNIVEM.

TUBINO, D. F. **Planejamento e controle da produção: teoria e prática.** 2ª. Ed. São Paulo: Atlas, 2009.

UMBLE, E.J.; HAFT, R.R.; UMBLE, M. M. **Enterprise resource planning: implementation procedures and critical success factors.** European Journal of Operational Research, Amsterdam, v. 146, n. 2, p. 241-257, 2003.

ZAGO, C. F. **Implantação de Sistemas Avançados de Planejamento (APS): um estudo de caso na indústria de laticínios.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2013.

ZATTAR, I. C.; SACCHELLI, C. M.; ENG, M. **Metodologia para implantação de um sistema de programação da produção com capacidade finita em empresas prestadoras de serviços**. Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto Superior de Tecnologia, 2003.

ZATTAR, I. C. **Análise da aplicação dos sistemas baseados no conceito de capacidade finita nos diversos níveis da administração da manufatura através de estudo de caso.** Dissertação (Mestrado em engenharia mecânica) - Universidade de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

ZATTAR, I. C.; SACCHELLI, C. M.; ENG, M. **OTIMIZAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO E SEQUENCIAMENTO DA PRODUÇÃO EM UM TRATAMENTO TÉRMICO COM A UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS DE CAPACIDADE FINITA**. Santa Catarina: IST-Instituto Superior de Tecnologia, 2007.

ZILLER, R. M. **A abordagem Ramadge-Wonham no controle de sistemas e eventos discretos: contribuições à teoria**. 1993.

ANEXO A – MATRIZ DE RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO DE LEVANTAMENTO DOS PROBLEMAS DE PCP DA EMPRESA XPTO-A.

	Componentes não disponíveis quando necessários	Reprogramações frequentes da demanda	Quebras de máquinas	Informações incorretas no banco de dados do sistema	Problemas de qualidade	Ferramentas indisponíveis na hora da produção	Tempos altos de setup	Tempo de pericibilidade	Altos tempos de processos após a produção	Operações em paralelo	Falta de controle da produção	Falta de indicadores relevantes	Excesso de estoque de produtos
1	1	4	5	4	3	1	4	1	2	1	2	1	1
2	1	5	5	5	3	2	5	1	1	1	1	1	1
3	2	4	5	5	3	2	3	1	1	2	1	2	1
4	2	4	5	5	5	1	4	1	2	2	1	1	2
5	1	4	4	4	4	1	5		2	1	1		2
6	1	4	5	4	4	1	5	1	1	1	1	2	2
7	1	5	5	5	3	1	4	1	1	3	1	1	1
8	1	4	4	4	4		4	1	4	2	2	1	1
9	1	5	4	5	4	1	5	1	1	1	2	1	1
10	1	3	3	5	3	1	4	1	2	1	1	1	2
11	2	5	4	4	3	1	4	1	1	2	1	2	2
12	1	5	4	4	5	2	5	1	1	2	1	1	1
Média	**1,3**	**4,3**	**4,4**	**4,5**	**3,7**	**1,3**	**4,3**	**1,0**	**1,6**	**1,6**	**1,3**	**1,3**	**1,4**

Fonte: Empresa XPTO-A (2020).

ANEXO B – PLANILHA COM TEMPOS DE PROGRAMAÇÃO MANUAL MEDIDOS.

	08/01/2020			09/01/2020			10/01/2020			11/01/2020			12/01/2020			13/01/2020			14/01/2020		
Atividade	Início	Fim	Duração	Início	Fim	Duração	Início	Fim	Duração	Início	Fim	Duração	Início	Fim	Duração	Início	Fim	Duração	Início	Fim	Duração
Atualização dos dados das planilhas	08:31	08:57	00:26	08:34	09:03	00:29	08:27	08:57	00:30							08:42	09:05	00:23	08:23	08:50	00:27
Análise e preenchimento do GANTT	10:23	11:15	00:52	10:42	11:44	01:02	10:31	11:26	00:55							10:50	11:57	01:07	10:37	11:30	00:53
Conferência da programação	13:57	14:12	00:15	14:06	14:23	00:17	14:09	14:28	00:19							14:15	14:36	00:21	13:57	14:10	00:13
Envio da programação	15:02	15:10	00:08	15:09	15:15	00:06	14:56	15:02	00:06							15:13	15:20	00:07	14:47	14:55	00:08

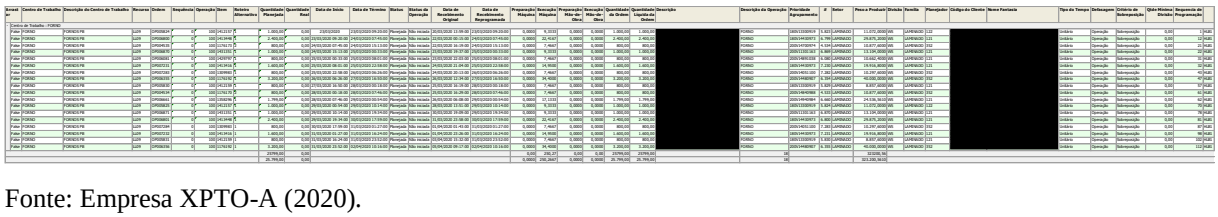
Fonte: Empresa XPTO-A (2020).

ANEXO C – PLANILHA COM TEMPOS DE PROGRAMAÇÃO COM UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE MEDIDOS.

	16/03/2020			17/03/2020			18/03/2020			19/03/2020			20/03/2020			21/03/2020			22/03/2020		
Atividade	Início	Fim	Duração	Início	Fim	Duração	Início	Fim	Duração	Início	Fim	Duração	Início	Fim	Duração	Início	Fim	Duração	Início	Fim	Duração
Atualização dos dados do software	08:11	08:28	00:17	08:09	08:25	00:16	08:17	08:28	00:11							08:23	08:34	00:11	08:02	08:14	00:12
Análise e simulações	09:23	09:48	00:25	09:36	09:58	00:22	09:40	09:59	00:19							09:20	09:39	00:19	09:31	09:52	00:21
Conferência da programação	12:00	12:13	00:13	12:09	12:22	00:13	12:03	12:15	00:12							12:32	12:43	00:11	12:21	12:32	00:11
Envio da programação	15:14	15:23	00:09	15:09	15:15	00:06	15:06	15:13	00:07							15:19	15:26	00:07	15:05	15:11	00:06

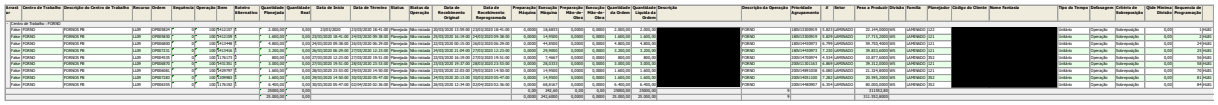
Fonte: Empresa XPTO-A (2020).

ANEXO D – PLANILHA DE DADOS DA PROGRAMAÇÃO DO TESTE 1



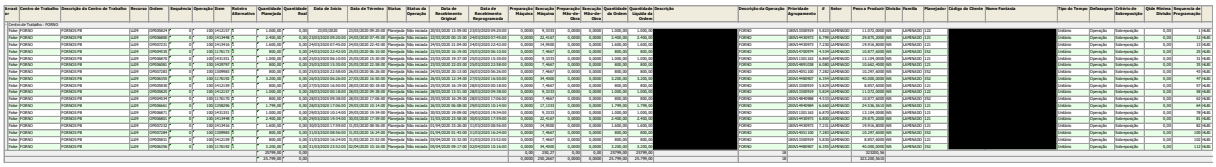
Fonte: Empresa XPTO-A (2020).

ANEXO E – PLANILHA DE DADOS DA PROGRAMAÇÃO DO TESTE 2



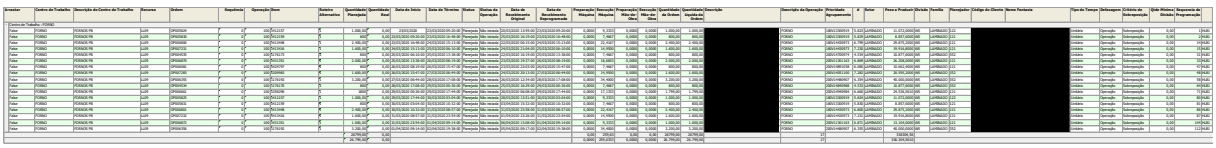
Fonte: Empresa XPTO-A (2020).

ANEXO F – PLANILHA DE DADOS DA PROGRAMAÇÃO DO TESTE 3



Fonte: Empresa XPTO-A (2020).

ANEXO G – PLANILHA DE DADOS DA PROGRAMAÇÃO DO TESTE 4



Fonte: Empresa XPTO-A (2020).