

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

PAULO VINICIUS KRONHARDT

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA
IMPLEMENTAÇÃO DO SEQUENCIAMENTO AVANÇADO DE PRODUÇÃO EM
UMA EMPRESA DE PRODUTO NÃO SERIADO**

BENTO GONÇALVES

2022

PAULO VINICIUS KRONHARDT

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA
IMPLEMENTAÇÃO DO SEQUENCIAMENTO AVANÇADO DE PRODUÇÃO EM
UMA EMPRESA DE PRODUTO NÃO SERIADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Universidade de Caxias do Sul, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador Prof. Dr. Ivandro Cecconello

BENTO GONÇALVES

2022

PAULO VINICIUS KRONHARDT

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICO E ECONÔMICA PARA
IMPLEMENTAÇÃO DO SEQUENCIAMENTO AVANÇADO DE PRODUÇÃO EM
UMA EMPRESA DE PRODUTO NÃO SERIADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Universidade de Caxias do Sul, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovado em

Banca Examinadora

Prof. Dr. Ivandro Cecconello - orientador
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof. Dr. Leonardo Dagnino Chiwiacowsky
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof. Dr. Sandro Rogério dos Santos
Universidade de Caxias do Sul – UCS

*O insucesso é apenas uma oportunidade para
recomeçar com mais inteligência.*

Henry Ford

RESUMO

O presente trabalho apresenta a problemática da complexidade de execução do sequenciamento das ordens de produção em um negócio caracterizado por ser de produto não seriado. O objetivo proposto foi de analisar a viabilidade técnica e econômica de se utilizar um *software* de sequenciamento avançado para solucionar tal problemática. Para isso, foram pesquisados conceitos de sistemas de produção, ambientes de produção, sistemas de planejamento e controle da produção, estratégias de produção e sistemas de programação avançadas. O método do trabalho foi executado em seis etapas. A primeira etapa consistiu em entender o funcionamento do APS e definir a empresa fornecedora. A segunda etapa analisou os requisitos para funcionamento do *software*, seguindo na próxima etapa com o desenvolvimento da lógica de sequenciamento e análise das restrições. Na quarta e quinta etapas, são avaliadas as viabilidades técnicas e econômicas, respectivamente, da implantação do *software*. A última etapa consiste em avaliar as viabilidades em relação ao posicionamento estratégico da empresa em estudo. Mesmo com a complexidade do processo da empresa em estudo, a proposta se mostrou tecnicamente aplicável e economicamente viável. Foram evidenciados pontos técnicos que as empresas devem verificar previamente, com o intuito de obter um melhor resultado com a aplicação da solução APS. Juntamente com a parte técnica, pode-se avaliar os custos totais para se aplicar o *software* em um cenário que a empresa esteja apta a isso.

Palavras-chave: Sequenciamento. APS. Produto não seriado. Análise técnica. Análise econômica.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Características dos sistemas produtivo	16
Figura 2 – Sistema de produção contínua e o PCP	17
Figura 3 – Sistema de produção em massa e o PCP	18
Figura 4 – Representação de perda de tempo operacional	21
Figura 5 – Gráfico de carregamento finito	22
Figura 6 – Gráfico de carregamento infinito	23
Figura 7 – Estrutura de produto	24
Figura 8 – Demanda de fabricação do PMP por semana.....	25
Figura 9 – Cálculo do MRP II	25
Figura 10 – Importação de dados do sistema ERP	29
Figura 11 – Cadastro das etapas do plano de produção.....	29
Figura 12 – Mapeamento das etapas de produção	30
Figura 13 – Sequenciamento das atividades.....	31
Figura 14 – Cadastro de informações de horas de execução.....	31
Figura 15 – Análise de recursos versus carga	32
Figura 16 - Exemplo de fluxo de caixa.....	33
Figura 17 – Cálculo de MRP II	41
Figura 18 – Fluxograma das etapas de trabalho	43
Figura 19 - Fluxo de caixa.....	59

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrição de linha de produtos.....	37
Quadro 2 – Ferramentas Restritivas	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Recursos Fabris	47
Tabela 2 - Valor mensal licença do software	56
Tabela 3 - Valor dos serviços do software	56
Tabela 4 - Valor do suporte mensal do software	57
Tabela 5 - Plano Orçamental	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APS	<i>Advanced Planning and Scheduling</i> / Planejamento Avançado da Produção
ATO	<i>Assembly-To-Order</i> / Montagem sob Encomenda
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAD	<i>Computer Aided Design</i> / Desenho Assistido por Computador
CCAA	Código de Catalogação Anglo-Americano
ETO	<i>Engineer-To-Order</i> / Engenharia sob Encomenda
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i> / Planejamento de Recursos Empresariais
MTO	<i>Make-To-Order</i> / Produção sob Encomenda
MTS	<i>Make-To-Stock</i> / Produção para Estoque
MRP II	<i>Manufacturing Resource Planning</i> / Planejamento dos Recursos de Manufatura
MRP	<i>Material Requirement Planning</i> / Planejamento de Necessidade de Materiais
PCP	Planejamento e Controle de Produção
PPCP	Planejamento, Programação e Controle da Produção
PMP	Plano Mestre de Produção
PA	Produto Acabado
Q	Quantidade
ROI	<i>Return On Investment</i> / Retorno Sobre o Investimento
ROT	Rotinas de Operação Padrão
SELIC	Taxa do Sistema Especial de Liquidação e Custódia
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
TC	Tempo de Ciclo
TP	Tempo de Produção
TCC	Trabalho de Conclusão do Curso
TGI	Trabalho de Graduação Interdisciplinar
UCS	Universidade de Caxias do Sul
VPL	Valor Presente Líquido
Vol.	Volume

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	JUSTIFICATIVA	12
1.2	OBJETIVOS	13
1.2.1	Objetivo geral.....	13
1.2.2	Objetivos específicos	13
1.3	ABORDAGEM E DELIMITAÇÃO DO TRABALHO	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	SISTEMAS DE PRODUÇÃO.....	15
2.1.1	Sistemas de produção contínuo	16
2.1.2	Sistemas de produção em massa.....	17
2.1.3	Sistemas de produção em lotes	18
2.1.4	Sistemas de produção sob encomenda	18
2.2	AMBIENTES DE PRODUÇÃO	19
2.3	SISTEMAS DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO.....	21
2.3.1	Carregamento	21
2.3.2	MRP, MRP II e ERP	23
2.3.3	Sistema de programação avançada (APS).....	27
2.3.4	Aplicação de sistema APS	28
2.4	ANÁLISE DE INVESTIMENTOS	32
2.4.1	Fluxo de caixa.....	32
2.4.2	Taxa de mínima atratividade (TMA).....	33
2.4.3	Valor presente líquido (VPL)	34
2.4.4	Taxa interna de retorno (TIR).....	34
2.4.5	Período de recuperação de investimentos (<i>payback</i>)	35
3	PROPOSTA DE TRABALHO	36
3.1	CENÁRIO ATUAL	36
3.1.1	Processo produtivo.....	38
3.1.2	Planejamento e controle da produção.....	40
3.2	ETAPAS DE TRABALHO	42
4	RESULTADOS	46
4.1	DEFINIÇÃO DO SOFTWARE APS	46
4.2	IDENTIFICAÇÃO DE REQUISITOS E FUNCIONALIDADES DO APS	47

4.2.1	Recursos fabris.....	47
4.2.2	Tempos de processo e roteiro de fabricação.....	50
4.3	DEFINIÇÃO DO MÉTODO DE PLANEJAMENTO E SEQUENCIAMENTO DA EMPRESA.....	51
4.3.1	Desenvolvimento da integração do sistema	51
4.4	ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA.....	53
4.5	ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA.....	55
4.6	ANÁLISE E DECISÃO ESTRATÉGICA	59
5	CONCLUSÃO.....	61
	REFERÊNCIAS	63

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, os países buscam o seu crescimento e desenvolvimento, almejando o título de país desenvolvido. De acordo com Paranhos Filho (2012), este título pode ser obtido através do avanço nos sistemas e processos produtivos das empresas, pois, o termo país desenvolvido, é sinônimo de país industrializado.

Tendo esse pensamento como base, os sistemas produtivos, descritos como a transformação de uma entrada em uma saída, sendo a entrada um trabalho, um material ou uma máquina, que através de um meio, se torna uma saída, ou seja, um produto ou serviço, careceram de serem analisados para modificar as formas produtivas que eram aplicadas (SANTOS, 2015).

Santos (2015) destaca que os sistemas produtivos foram então classificados de acordo com a característica e o formato de negócio da empresa, sendo divididos em: sistema de produção em massa, sistema de produção em lotes e sistema de produção por projetos. Porém, apesar de suas particularidades, que serão tratadas posteriormente, todos os sistemas mencionados dependem de um fator primordial para o funcionamento, o planejamento de produção.

De acordo com Bezerra (2012), o planejamento consiste na execução de diretrizes em forma de planos, para produzir algo, em um período determinado, sob a rege do custo da produção. Complementando este conceito, segundo Paranhos Filho (2012), o planejamento é uma atividade dinâmica e mutável, onde o intuito é prever o futuro, analisando todas as áreas envolvidas no processo e as informações que estão disponíveis.

Santos (2015) salienta que a fim de buscar a eficácia deste processo, tendo em vista ser o cérebro da produção, as empresas desenvolvem um setor específico para executar este tipo de análise, chamado de PCP (Planejamento e Controle de Produção). Paranhos Filho (2012) complementa que este setor é responsável por toda gestão da cadeia produtiva, analisando capacidade produtiva por processo de fabricação, dimensionando recurso para cada processo, definindo o sequenciamento de prioridade de pedidos, tudo isso com o intuito de entregar os produtos conforme os prazos previstos. Santos (2015) comenta o fato de todas estas atividades ficarem mais complexas em ambientes produtivos de equipamentos especiais, ou seja, produção por projeto, o qual é objeto deste estudo.

Este fato motiva a presente pesquisa, por ser um ambiente mais complexo, por conta da não padronização de produto, da falta de prototipagem, do não conhecimento de tempos reais de produção, dentre outras variáveis que serão relatadas ao longo do estudo. Isso tudo deriva na constante busca pelo planejamento ideal, podendo ser obtido através do APS (*Advanced*

Planning and Scheduling), o qual será analisado, no sentido de viabilizá-lo, perante tamanhas variáveis que este tipo de produção apresenta em seu conceito de negócio.

Para tanto, este trabalho é organizado em cinco capítulos. O primeiro traz essa introdução e entendimento dos objetivos. O segundo apresenta o referencial teórico, onde estão destacados os conceitos e técnicas usados no desenvolvimento do trabalho. No terceiro capítulo, é detalhada a proposta de trabalho, a fim de solucionar a situação problema. Apresenta-se no quarto capítulo a descrição, análise e discussão dos resultados obtidos. Ao final, no quinto capítulo, finaliza-se com a conclusão.

1.1 JUSTIFICATIVA

As empresas buscam obter um diferencial competitivo perante seus concorrentes, a fim de se manterem sólidas e sendo alvo de desejo pelos seus consumidores finais. De acordo com Ritzman e Krajewski (2003), a operação é um desses diferenciais competitivos que a organização pode ter, estando ligada a quatro principais princípios, que são: custo, qualidade, tempo e flexibilidade.

A empresa base deste estudo, Mesal Máquinas e Tecnologias Ltda, caracteriza-se pela sua produção não seriada ou produção por projeto – traduzido do inglês, *Engineer to Order* (ETO). Tubino (2017) relata o fato de uma produção conforme estas características, trabalhar com projetos que podem durar meses ou anos, ou seja, o seu plano mestre de produção (PMP) deve ter um elevado grau de planejamento para que todos os princípios anteriores mencionados, sejam atendidos.

Aprofundando um pouco mais neste conceito, o PCP sendo o responsável pelo planejamento e controle do plano mestre de produção, deve possuir um sistema de informações disponível, para simular a entrada de um novo pedido perante aos já existentes, a fim de realizar uma mensuração de carga, baseado em um conceito de capacidade finita (TUBINO, 2017).

De acordo com Bezerra (2012), a empresa poderia tratar a sua análise de capacidade de duas formas, capacidade finita ou infinita, sendo a infinita um formato sem restrições, onde não existe limite para produção e, a finita, sendo limitada por algum parâmetro, podendo ser horas disponíveis de trabalho, números de alunos de uma sala de aula ou até mesmo o número de atendimentos em relação a algum tempo.

Sendo assim, a empresa em análise, por apresentar número limitado de mão de obra operacional, número limitado de equipamentos e tempo limitado, se baseia no conceito finito de capacidade. Além desses fatores limitantes, soma-se o fato da empresa ter uma produção por

projeto, que resulta na execução de peças por uma única vez, não tendo uma tomada de tempo precisa para mensurar uma carga geral assertiva.

Outra questão que agrega dificuldade no planejamento deste tipo de produção, mostrando o quão difícil é executar ele, é o fato de as peças não seguirem todas o mesmo fluxo, ou seja, cada peça possui um caminho diferente, com sequências distintas e *lead times* diversos de execução.

Levando em conta que, em média, cada equipamento que a empresa produz possui de dois a três mil itens e que são executados, entre seis e sete equipamentos simultaneamente na fábrica, tem-se no mínimo quatorze mil peças sendo sequenciadas, analisadas e planejadas, para que todas cheguem até o setor de montagem no prazo necessário, para não haver perdas de produtividade e atrasos de entrega.

1.2 OBJETIVOS

Nesta seção, são apresentados os objetivos geral e específicos.

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral do trabalho consiste em realizar uma análise de viabilidade de implantação de um sistema de sequenciamento avançado de produção, o APS (*Advanced Planning and Scheduling*), em uma indústria de produtos não seriados.

1.2.2 Objetivos específicos

Visando atingir o objetivo geral proposto, foram definidos objetivos específicos para o trabalho, que são:

- a) mapear o fluxo do processo de fabricação;
- b) identificar as variáveis que impactam no sequenciamento da produção;
- c) estabelecer os critérios preferenciais do sequenciamento da produção;
- d) mensurar investimento para implantação do *software* de sequenciamento avançado;
- e) analisar viabilidade técnica e econômica para implementação do sequenciamento avançado de produção.

1.3 ABORDAGEM E DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

Conforme Prodanov e Freitas (2013), o método científico é um instrumento que organiza os pensamentos do autor em busca dos objetivos preestabelecidos. Complementa o assunto dizendo que a tradução de método pode ser descrita como um caminho para algum fim e científico, derivado da palavra ciência, é o conhecimento, ou seja, método científico pode ser descrito como um procedimento para se obter conhecimento.

A pesquisa científica tem por objetivo desenvolver um estudo, buscando resolver as questões levantadas durante a abordagem de um problema na aplicação do método científico, portanto, toda pesquisa se baseia em uma teoria, que serve como norte para condução do trabalho, podendo ter como resultado uma aprovação ou desaprovação (PRODANOV E FREITAS, 2013).

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa científica de abordagem quantitativa e qualitativa. Quantitativo ao que tange a tradução das informações em números, visa analisá-los através de técnicas estatísticas, e qualitativos ao que se refere à análise dos processos e procedimentos aplicados na empresa base para execução deste trabalho, a fim de desenvolver esta pesquisa.

A metodologia utilizada será a de pesquisa-ação, a fim de desenvolver uma pesquisa para resolução de uma oportunidade de melhoria no planejamento e controle do sequenciamento de produção da empresa em estudo. Essa proposta metodológica propõe subsídios para organizar a pesquisa no cunho da observação, processamento de dados e da experimentação (PRODANOV E FREITAS, 2013).

Deste modo, pretende-se analisar a viabilidade de implantação do *software* APS em uma empresa de produto não seriado. Não se tem como intuito a implantação do *software* durante a execução deste trabalho, apenas realizar a mensuração dos esforços necessários para implementá-lo e realizar a sua manutenção para que o mesmo continue eficiente, e em paralelo, analisar se essa proposta se torna viável economicamente para a organização aplicá-la.

Para isso, será analisado juto ao setor de PCP da empresa Mesal Máquinas e Tecnologias Ltda, quais são as variáveis que compõem o processo produtivo e como elas são tratadas hoje, a capacidade produtiva pelos centros de trabalho, os critérios que compõem o sequenciamento da produção e a forma como é controlado todo esse processo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, são apresentados os conceitos base para desenvolvimento deste trabalho, utilizando livros e publicações científicas abordando os temas referentes a sistemas de produção, estratégias de produção, conceito de capacidade, sistemas de planejamento de produção, sequenciamento de produção e suas variáveis e os modelos de controle da produção.

2.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO

De acordo com Tubino (2017), os sistemas produtivos podem estar voltados para duas finalidades, a produção de bens ou prestação de serviços. A primeira finalidade é descrita como algo tangível, ou seja, é algo que pode ser tocado e visto, como um carro, uma geladeira, entre outros exemplos. Já a segunda finalidade se caracteriza por ser algo intangível, podendo ser uma consulta médica ou um filme e, nesse caso, pode-se se classificar como prestação de serviço.

Essas duas finalidades, apesar de suas diferenças, possuem uma grande semelhança, ambas buscam transformar uma informação de entrada, seja ela uma matéria-prima ou uma informação, em um produto final ou uma saída, podendo ser um produto tangível ou intangível (SANTOS, 2015).

Tubino (2017) comenta que os sistemas produtivos, indiferente da sua finalidade, podem ser classificados em quatro modelos:

- a) Sistemas de produção contínuo;
- b) Sistemas de produção em massa;
- c) Sistemas de produção em lotes;
- d) Sistema de produção sob encomenda.

Cada organização adota o modelo que mais se adequa ao seu produto e ao seu tipo de negócio, e essa decisão impacta diretamente na forma do projeto da fábrica, na lógica de fornecimento de materiais e o planejamento do PPCP (SANTOS, 2015). A Figura 1 ilustra as características de cada sistema produtivo e mostra as diferenças entre eles.

Figura 1 – Características dos sistemas produtivo

Contínuos Massa	Repetitivos em Lotes	Sob Encomenda
Alta	Demanda/Volume de Produção	Baixa
Baixa	Flexibilidade/Variiedade de itens	Alta
Curto	Lead Time Produtivo	Longo
Baixos	Custos	Altos

Fonte: Adaptado de Tubino (2017).

De forma geral, pode-se comentar que quanto mais especial é o produto, ou seja, quanto mais sob encomenda e exclusivo ele for, onde a demanda é menor e a variedade de itens é alta, maior é a complexidade de se executar o planejamento (TUBINO, 2017).

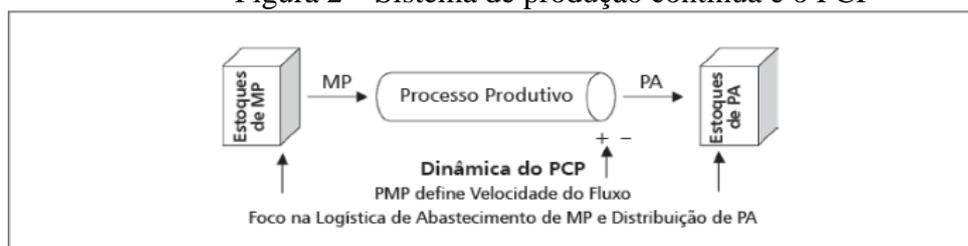
2.1.1 Sistemas de produção contínuo

Os sistemas contínuos de produção se caracterizam por uma flexibilidade de produção muito baixa, tendendo a zero, ao patamar de existir linhas de produção ou processos de fabricação dedicados de forma única e exclusiva a um único produto. Estão inseridos nesse sistema, normalmente, as indústrias de base, como por exemplo, indústrias de energia elétrica, petróleo e derivados e produtos químicos (TUBINO, 2017)

Tubino (2017) complementa dizendo que por se tratar de um sistema contínuo, o foco do PCP está diretamente ligado com a cadeia de fornecimento de matéria-prima e a logística de distribuição do produto final. Sua função é garantir que o processo sempre possua matéria-prima disponível para não gerar perdas no processo de fabricação e garantir que a mercadoria produzida possua um fluxo de escoamento dimensionado com a produção.

Por conta de as linhas produtivas serem dedicadas a um único produto, vendido em grande volume, o plano mestre de produção desse tipo de sistema se dá através do histórico de consumo do produto e da tendência mercadológica de consumo. Baseado nisso, o PCP regula a velocidade do fluxo de produção para atender esta previsão (TUBINO, 2017). A Figura 2 ilustra o fluxo de controle do PCP em relação a este processo de fabricação.

Figura 2 – Sistema de produção contínua e o PCP



Fonte: Adaptado de Tubino (2017).

2.1.2 Sistemas de produção em massa

Da mesma forma que os sistemas contínuos, os sistemas de produção em massa são caracterizados por produções em grande escala, com baixo índice de customização, porém, a diferença é que neste modelo de sistema de produção existe a interferência da ação humana para transformação da matéria-prima em produto final (TUBINO, 2017).

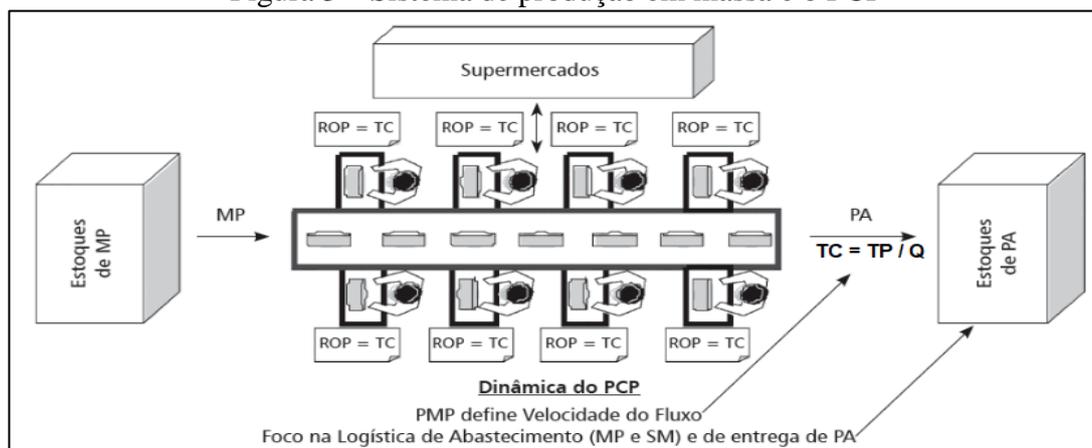
Conforme Santos (2013), o foco deste tipo de produção está em definir uma velocidade média de execução, para todos os processos produtivos envolvidos na confecção do produto final, com o intuito de que todos estejam na mesma sintonia, reduzindo os custos de estoques intermediários e custos de fabricação. Essa velocidade média é chamada de Tempo de Ciclo (TC), que nada mais é que a frequência com que se entrega uma unidade de produto fabricado na linha de montagem ao estoque de Produto Acabado (PA), podendo ser calculado de acordo com a Equação (1) (TUBINO, 2017):

$$TC = \frac{TP}{Q} \quad (1)$$

Tempo de ciclo é igual ao Tempo de Produção (TP) dividido pela quantidade de produtos produzidos neste tempo (Q). Portanto, todos os processos paralelos à linha de produção, chamados de Rotinas de Operação Padrão (ROP), devem estar dimensionados de acordo com o TC da linha principal de fabricação (SANTOS, 2013).

Tubino (2017) salienta que a função do PCP neste tipo de sistema de produção é baseada nas informações de previsão de vendas e histórico de consumo, manter os estoques de matéria-prima, dimensionar o número de recursos para as rotinas de operação padrão e monitorar TC, verificando se a produção desejada está sendo atendida. A Figura 3 ilustra o conceito de linha de montagem e sistema de produção em massa.

Figura 3 – Sistema de produção em massa e o PCP



Fonte: Adaptado de Tubino (2017).

2.1.3 Sistemas de produção em lotes

Diferente dos sistemas de produção contínuo e de produção em massa, o sistema de produção em lotes caracteriza-se por não possuir uma demanda suficiente que justifique a aplicação do conceito de produção em massa, portanto, os itens são fabricados através de lotes econômicos, com o intuito de reduzir os custos de fabricação (TUBINO, 2017).

Santos (2013) complementa a teoria salientando que o limitante produtivo deste sistema é o processo gargalo, este, que pode ser descrito como o processo restritivo perante todos os demais que compõem o caminho de fabricação de um item, ou seja, ele é o processo menos eficiente dentre todos.

Sendo assim, se na operação “A” eu produzo 60 unidades por hora, na operação “B”, produzo 45 unidades por hora e na operação “C” produzo 55 unidades por hora, o resultado da minha linha de produção será de 45 unidades por hora.

Tubino (2017) comenta que este sistema de produção executa lotes de produtos padronizados, ou seja, são itens padrões que possuem diferentes sequências de execuções, que podem ou não passar pelos mesmos centros de trabalho. Neste caso, a função do PCP é determinar o sequenciamento ideal dos lotes a serem executados em cada centro de trabalho, visando diminuir o *lead time* de fabricação dos itens e reduzir os estoques.

2.1.4 Sistemas de produção sob encomenda

Diferente dos sistemas de produção mencionados anteriormente, que possuem um viés de produção repetitiva, tendendo à programação de grandes lotes de fabricação ou produções em massa, o sistema de produção sob encomenda se caracteriza pela execução de itens tendendo

ao unitário. O projeto, em geral, é desenvolvido juntamente com o cliente, buscando entregar soluções específicas para atender as expectativas e necessidades que ele possui, e o sucesso dessa solução está atrelado ao resultado final, sendo atrasos e aumentos de custo entendíveis diante do tipo de produto (SANTOS, 2013).

Santos (2013) complementa essa diferenciação entre os sistemas de produção, contextualizando os dois modelos de administração, tradicional e o sob encomenda. A administração tradicional gerencia uma organização com produtos bem determinados, onde são identificados procedimentos operacionais bem estabelecidos, executados por equipes bem definidas, ou seja, gerencia processos conhecidos e repetitivos. Já para a administração sob encomenda, é desenvolvida uma equipe e um processo para execução de um projeto em específico, que estará sendo executado pela primeira vez, ou seja, sem histórico de procedimentos operacionais.

Tubino (2017) exemplifica os tipos de indústrias que se caracterizam por esse tipo de sistema de produção, citando as indústrias de bens, como navios, aviões, usinas hidroelétricas e empresas fabricantes de máquinas e ferramentas. O autor complementa que para essas indústrias, o papel do PCP é de suma importância para executar todo o desenvolvimento do plano de produção.

A dinâmica do PCP começa com o fornecimento de um prazo para o cliente, porém, neste tipo de sistema isso é de alta complexidade, pois o setor precisa ser assertivo na informação, mesmo não conhecendo todas as variáveis que compõem o projeto, sejam elas, tempos de projeto, tempos de fabricação ou *lead time* de fornecimento de matéria-prima, tudo, por conta de ser um projeto dedicado a uma aplicação em específico (TUBINO, 2017).

Tubino (2017) ainda descreve esse sistema produtivo como tendo uma alta flexibilidade nos processos de fabricação, por conta da diversidade de itens que serão executados, baixos índices de estoques intermediários, pelo fato de grande parte do volume de matéria-prima não poder ser prevista previamente, e por apresentar recursos produtivos divididos por centro de trabalhos e mão de obra específica para executar cada uma das atividades necessárias.

2.2 AMBIENTES DE PRODUÇÃO

Existem diferentes formas de classificar um sistema de produção, até o presente momento foram classificadas em quatro grupos: sistema de produção contínua, sistema de

produção em massa, sistema de produção por lote e sistema de produção por encomenda. Esta divisão se baseia em dois aspectos, na amplitude e variedade da demanda.

A forma como se classifica uma produção pode ser diferente em cada empresa e está totalmente ligada ao tipo de produto que ela produz ou comercializa. Esta classificação normalmente é decidida baseada em um planejamento estratégico, onde são definidas as metas e objetivos para um período entre dois a dez anos, sendo assim, cabe aos especialistas de produção adaptar os processos a um modelo que atenda a essas perspectivas futuras (KAPULIN; RESSKIKH, 2020).

De acordo com Tubino (2017), outra forma de se classificar uma produção é considerando o momento da programação da produção e a padronização do projeto, variáveis muito úteis quando o intuito da organização é focar no *layout* de fábrica ou no projeto de produto. Baseado nessa diretriz, elas podem ser classificadas em quatro ambientes produtivos:

- a) *Engineer to Order* (ETO): apenas é dado início ao projeto e fabricação, mediante confirmação do pedido pelo cliente.
- b) *Make to Order* (MTO): o projeto já é existente, mas apenas é planejado na fábrica de acordo com a chegada do pedido do cliente.
- c) *Make to Stock* (MTS): a produção executa de acordo com um plano de planejamento de estoque e previsão de venda, cliente retira seu produto de um estoque.
- d) *Assembly to Order* (ATO): as peças que compõem o produto final possuem fabricação para estoque, apenas o processo de montagem do produto acabado é de acordo com o pedido do cliente.

Os dois principais extremos deste conceito de foco da organização é o MTS e MTO. Enquanto o *make to stock* se baseia em produzir para seus estoques os itens padrões, sem nenhuma influência de seus consumidores e em altas quantidades, o *make to order* executa diversos produtos diferentes, de acordo com a confirmação de demanda dos seus clientes. Intermediário a essas duas estratégias se encontra o ATO, por conta do produto acabado ser montado de acordo com a ordem do cliente, tendendo mais para a execução por ordem, porém os seus componentes chaves são produzidos para manter os estoques, caracterizando um processo de execução para estoque. O *assembly to order* é comumente aplicado às empresas que possuem diversos produtos finais, que podem ser montados com componentes em comum (KAPULIN; RESSKIKH, 2020).

Kapulin e Resskikh (2020) complementam descrevendo o ETO como sendo a estratégia mais complexa e mais demorada de ser executada, por conta de se tratar de algo

totalmente novo, onde não é possível executar um planejamento de produção devidamente organizado, pois métodos computacionais não são totalmente eficientes e as teorias de produção enxuta e otimização são difíceis de serem realizadas.

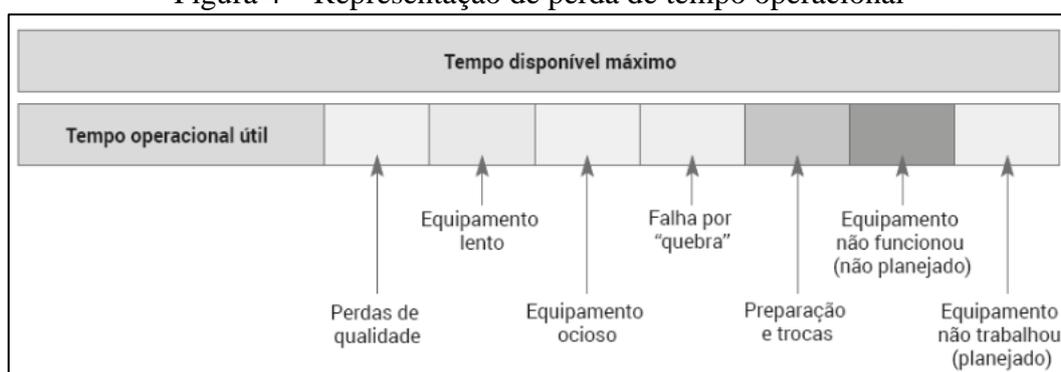
2.3 SISTEMAS DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2018), a atividade de planejamento e controle de uma produção se baseia em garantir que os processos sejam executados de forma eficiente para fins de atendimento do produto acabado ao cliente, através de gestão de recursos e atividades. Os autores complementam que o planejamento está atrelado ao que se pretende executar e o controle está mais ligado ao que está acontecendo.

2.3.1 Carregamento

Dentre as atividades de planejamento de uma produção, um conceito que se utiliza como base de análise e com o intuito de executar simulações futuras, é o carregamento. Uma máquina que se encontra no chão de fábrica, teoricamente está disponível por 168 horas (24 horas por dia multiplicado por 7 dias por semana), porém não é possível carregar todo esse volume de tempo no equipamento (SLACK; CHAMBERS; JOHNSNTON, 2018). Existem fatores que podem influenciar essa performance, conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4 – Representação de perda de tempo operacional



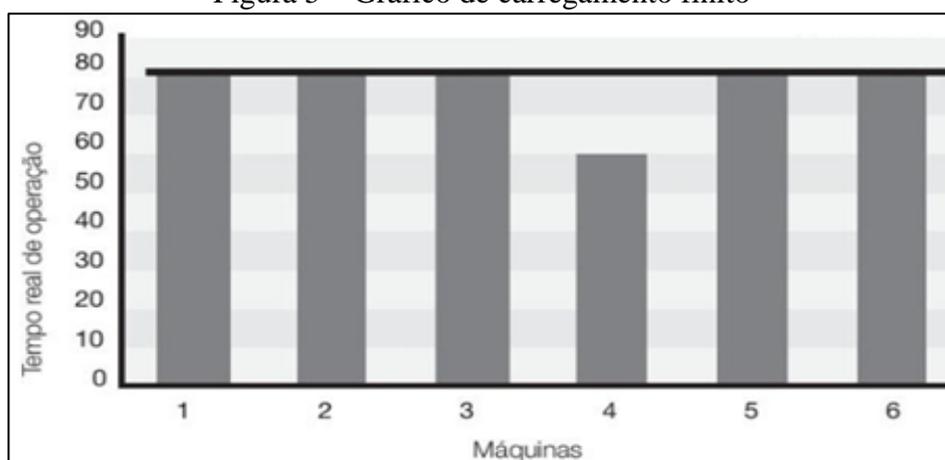
Fonte: Adaptado de Slack, Chambers e Johnston (2018).

Além de considerar essas possíveis perdas produtivas na hora de se planejar o carregamento de equipamento, existem duas formas de análise do conceito, através do método de carregamento finito ou carregamento infinito, podendo ambos serem aplicados em uma mesma organização, contudo, para fins de análise diferente.

De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2018), o carregamento finito se destina à alocação de trabalho para um recurso (pessoa, máquina ou equipe de pessoas) de acordo com seu limite estabelecido, ou seja, baseado no tempo operacional útil que ele possui, conforme representação na Figura 4. Esse modelo não aceita exceder o limite da capacidade e se aplica principalmente para as seguintes operações:

- a) É possível limitar a carga - um salão de beleza apenas pode definir quantas clientes atender por hora;
- b) É necessário limitar a carga - apenas um certo número de carga é permitido em um avião, por questão de segurança;
- c) O custo da limitação de trabalho não é proibitivo - uma fila finita de clientes para um produto é mais atrativa que vagas ilimitadas.

Figura 5 – Gráfico de carregamento finito



Fonte: Adaptado de Bezerra (2014).

A Figura 5 ilustra um carregamento finito, este tipo de planejamento pode acarretar um problema de aumento no *lead time* de entrega. Por conta de qualquer eventual falha no processo, a carga estipulada terá que ser reprogramada para o dia seguinte, a do dia seguinte para o posterior e assim sucessivamente, acarretando o não cumprimento do prazo final (BEZERRA, 2014).

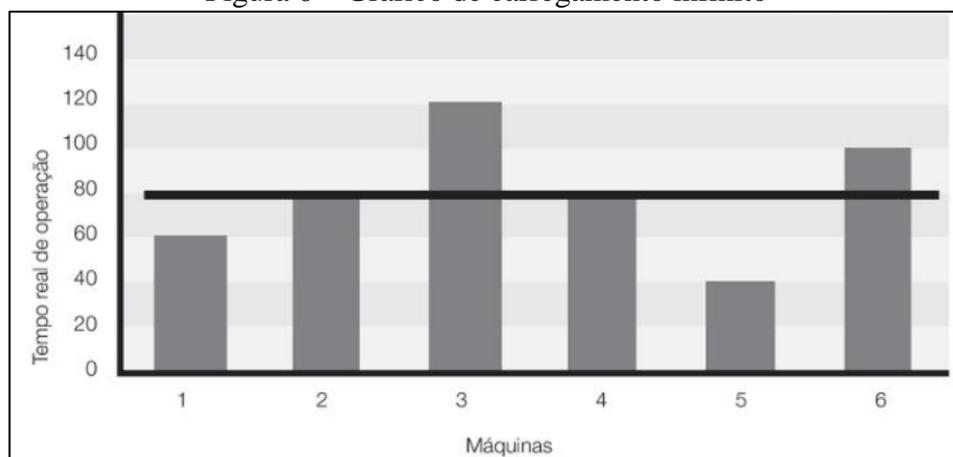
Segundo Slack, Chambers e Johnston (2018), o carregamento infinito permite que o limite do carregamento seja excedido, com o intuito de se executar as atividades antes e cabe ao gestor achar meios que possibilitem o atingimento dessa demanda. Esse método é comumente aplicado nos seguintes casos:

- a) Não é possível limitar a carga: sistema de pronto socorro de um hospital não pode negar pacientes;

- b) Não é necessário limitar a carga: serviço de fast-food, conforme sobe a demanda, o tempo de entrega aumenta e o cliente pode esperar;
- c) O custo da limitação de trabalho é proibitivo: se um estabelecimento bancário recusar a entrada de cliente por conta de ter atingido número limite, gera insatisfeitos.

De acordo com Bezerra (2014), outra aplicação em que o carregamento infinito é aplicado é quando o setor de PCP necessita verificar se, para algum período futuro, existe algum centro de trabalho sobrecarregado, podendo fazer a reprogramação, distribuindo a carga entre os períodos em que existe ociosidade. A Figura 6 representa uma situação de carregamento infinito.

Figura 6 – Gráfico de carregamento infinito



Fonte: Adaptado de Bezerra (2014).

Nesta imagem, pode-se notar que o carregamento nas máquinas 3 e 6 ultrapassaram a disponibilidade do dia e, em contrapartida, existe ociosidade nos equipamentos 1 e 5. Cabe então ao PCP executar essa reorganização de filas e ajuste das cargas nos centros de trabalhos, para que o dia obtenha uma performance dentro da meta.

2.3.2 MRP, MRP II e ERP

De acordo com Tubino (2017), em 1960 foi desenvolvido oficialmente o sistema MRP (*Material Requirements Planning*), traduzindo para o português, planejamentos das necessidades de materiais. Com a evolução dos sistemas computacionais, módulos complementares foram adicionados ao MRP, um deles foi em 1980, o MRP II (*Manufacturing Resource Planning*) ou planejamento dos recursos de manufatura, e no final do século passado,

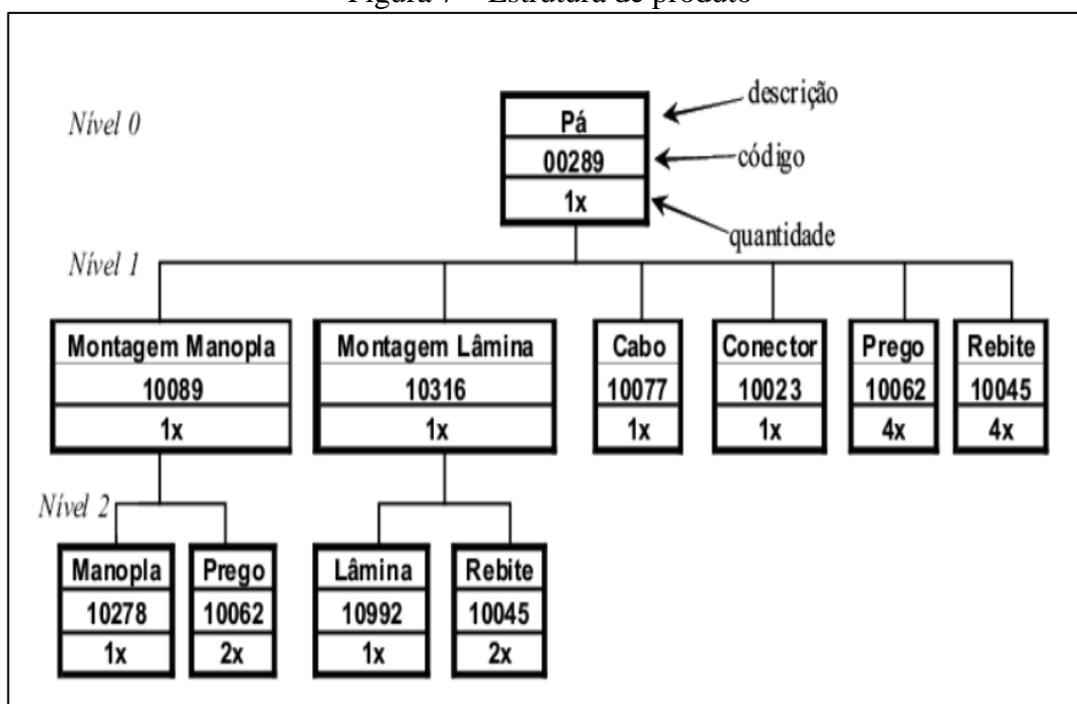
com a expansão para diversas áreas das organizações, foi desenvolvido o ERP (*Enterprise Resource Planning*) ou planejamento de recursos da empresa.

Para Bezerra (2014), os objetivos do sistema MRP estão ligados a três pontos em específico:

- a) Estoque: encomendar o material de forma correta e no período correto;
- b) Prioridades: encomendar na data correta;
- c) Capacidade de Produção: planejar a demanda necessária de acordo com as próximas demandas.

O sistema controla o estoque considerando as relações entre os itens filhos de um produto acabado (pai) ao longo do tempo, portanto, a análise se inicia pela quantidade de produtos acabados a serem executados até uma data de referência, com isso, desce-se os níveis da estrutura, até chegar nas matérias-primas para confecção de toda a cadeia (TUBINO, 2017). A Figura 7 exemplifica a estrutura de produto.

Figura 7 – Estrutura de produto



Fonte: Adaptado de Cardoso (2021).

Para execução de uma unidade do produto acabado Pá, código 00289, é necessária uma unidade da montagem manopla (10089), uma unidade da montagem lâmina (10316), uma unidade do cabo (10077), uma unidade do conector (10023), quatro unidades do prego (10062) e quatro unidades do rebite (10045), sendo os quatro últimos itens caracterizados como

matérias-primas, por conta de não possuírem um item filho. Já os primeiros dois itens são conjuntos montados, logo, eles são filhos do produto acabado e pais de outros itens. No caso da montagem da manopla, ele é pai da manopla (10278) e do prego (10062), necessitando de uma e duas unidades respectivamente, para ser executado o processo. No caso da montagem da lâmina, necessita de uma unidade da lâmina (10992) e duas unidades do rebite (10045).

O MRP fornece informações do que produzir e comprar, no momento mais adequado, porém, o sistema não conhece os tempos atrelados ao processo produtivo, como por exemplo, preparação de máquina ou tempo de execução. Para isso então, foi elaborado o sistema MRP II com o intuito de ampliar e afinar as análises (BEZERRA, 2014).

Hopp e Spearman (2013) acrescentam que esse sistema utiliza uma relação de recurso para cada item final a ser produzido, ou seja, quantas horas são necessária em cada recurso para entregar um item final e seus filhos. Por exemplo, considerando que um centro de trabalho X recebe a orientação para processar os itens A e B, sendo que A é formado do pelos itens A1 e A2 enquanto o item B que não possui componentes. Os itens A, A1 e A2 ocupam o centro de trabalho por um total de 2,5 horas por peça e o item B ocupa a uma taxa de 2 horas por peça.

Considerando uma capacidade no centro de trabalho X de 65 horas por dia e uma demanda de PMP de acordo com a Figura 8, é possível realizar o cálculo do MRP II, conforme a Figura 9.

Figura 8 – Demanda de fabricação do PMP por semana

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8
Peça A	10	10	10	20	20	20	20	10
Peça B	5	25	5	15	10	25	15	10

Fonte: Adaptado de Hopp e Spearman (2013).

Figura 9 – Cálculo do MRP II

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8
Peça A (hora)	25	25	25	50	50	50	50	25
Peça B (hora)	10	50	10	30	20	50	30	10
Total (hora)	35	75	35	80	70	100	80	35
Disponíveis	65	65	65	65	65	65	65	65
A mais (+)/a menos(-)	30	-10	30	-15	-5	-35	-15	30

Fonte: Adaptado de Hopp e Spearman (2013).

Pode-se verificar que a partir de um cálculo de necessidade de demanda estabelecido pelo PMP, calcula-se a carga total demandada por semana a ser executada, evidenciada na linha Total (hora) da figura 9. Com isso, é possível comparar a carga semanal e a capacidade disponível e evidenciar se existe mão de obra suficiente ou não, por conta do MRP II aceitar um carregamento infinito (HOPP; SPEARMAN, 2013).

Os autores ainda complementam que na simulação apresentada, analisando o horizonte de 8 semanas, é possível entregar toda a demanda, 510 horas de carga contra 520 de capacidade, mas, se analisado entregas semanais, ajustes terão de ser feitos.

Segundo Santos, Lozada e Jordao (2020), além dos sistemas MRP e MRP II, outro principal sistema que embasa a produção é o *Enterprise Resource Planning* (ERP), desenvolvido com o intuito de gerenciar a organização, controlando os recursos e as interações entre eles, buscando a redução de custo e aumento de competitividade.

Este sistema apresenta uma característica principal que é a sua modularidade, ou seja, o ERP é composto por diversos módulos independentes que atuam de forma conjunta. Sendo assim, o cliente que deseja implantar este sistema pode adquirir em um primeiro momento apenas alguns módulos para auxiliar nos seus principais problemas e, futuramente, investir nos módulos complementares (CAIÇARA, 2015).

Caiçara (2015) complementa a descrição do sistema apontando a existência de diversas empresas fornecedoras de sistemas ERP, porém todas possuem os módulos considerados básicos para o seu funcionamento, podendo ter alteração de nomes ou formatos de interface, mas a essência é a mesma. Os principais, segundo o mesmo autor, são:

- a) Controladoria – módulo que planeja, controla e monitora o fluxo de custos e receita da empresa, gerando relatórios a partir destes dados, se tornando uma ferramenta gerencial para tomada de decisão;
- b) Finanças – engloba o planejamento e monitoramento das atividades financeiras da organização, como contas a pagar, contas a receber, tributação, impostos e entre outros;
- c) Planejamento da Produção – possibilita o planejamento e controle das execuções da produção, tanto para pedidos quanto para estoques;
- d) Gerenciamento de Materiais – executa o gerenciamento preciso dos estoques, monitorando os processos de compras e avaliação de fornecedores;
- e) Vendas e Distribuição – analisa rentabilidade e produtividade da área, abrangendo atividades de formação de preço e processamento de pedidos;

- f) Recursos Humanos – apresenta soluções para administrar a mão de obra humana da organização, gerenciando diversas atividades da área com contratações ou folha de pagamento.

2.3.3 Sistema de programação avançada (APS)

Corrêa e Corrêa (2012) descrevem que em um cenário de complexidade produtivo e com o intuito de apoiar decisões de programação de produção, foram criados os sistemas do tipo APS (*Advanced Planning and Scheduling*), os quais têm como característica fundamental considerar uma grande quantidade de informações e variáveis para executar o melhor sequenciamento possível. Noskova (2021) completa o detalhamento deste sistema explicitando o seu objetivo principal, que é calcular todo o sequenciamento de itens da carteira de pedidos da organização, levando em conta as capacidades de cada centro de trabalho e as cargas que são oneradas.

O sistema APS pode ou não trabalhar vinculado a um sistema ERP corporativo, mas estará normalmente ligado a um sistema de planejamento de necessidade de materiais (MRP), pois o sequenciamento avançado de produção se baseia no conceito de capacidade finita. Ou seja, baseado em regras pré-estabelecidas, cadastradas no sistema, ele sequencia ordem a ordem gerada pelo MRP, carregando os recursos até seu limite de capacidade (TUBINO, 2017).

Corrêa e Corrêa (2012) completam que, baseado nessa informação de que parâmetros pré-estabelecidos são necessários para operacionalizar o APS para garantir o melhor sequenciamento, cabe ao usuário:

- a) Modelar o sistema produtivo – cadastrando as máquinas do chão de fábrica, recursos humanos, horários dos turnos de trabalho, roteiros de fabricação, velocidades de execuções e as restrições do sistema produtivo;
- b) Informar a demanda – determinar através do plano mestre de produção, as demandas a serem executadas de acordo com a carteira de pedidos ou previsão de vendas;
- c) Informar as condições reais do sistema produtivo – matérias-primas disponíveis, programação de manutenção de equipamentos, situações de ordens e filas aguardando processamento;
- d) Modelar parâmetros para tomada de decisão – desenhar um modelo de priorização, que determine a forma como o sistema deve “pensar” na hora de executar o

sequenciamento, levando em conta os objetivos de desempenho da produção e atingimento da programação.

Simulando um cenário de diversos componentes, com roteiros de fabricação distintos, sendo executados simultaneamente e devidamente sequenciados, seja qual for o imprevisto que sofra, seja um retrabalho, ausência de um recurso, quebra de equipamento ou um novo equipamento, compromete toda a cadeia de entrega, exigindo uma reavaliação.

Baseado neste cenário, outro recurso que o sistema APS dispõe chama-se tecnologia do recálculo, este recurso ao receber a informação de qualquer variável, recalcula toda a carga de trabalho e entrega um novo sequenciamento a ser executado no chão de fábrica, de forma rápida e automática, sempre levando em conta os parâmetros estabelecidos (NOSKOVA, 2021).

2.3.4 Aplicação de sistema APS

Nam, Shen, Ryu e Shin (2018) apresentam o processo de desenvolvimento e aplicação do sistema APS em um estaleiro com o objetivo de definir uma estrutura de planejamento, com o intuito de sincronizar os processos de projeto e fabricação e, com isso, otimizar recursos e materiais. Esta aplicação serve como exemplo de como a empresa em estudo pretende proceder para com seu processo de manufatura. Os autores descrevem que o principal produto de um estaleiro é a fabricação de navios, o qual apresenta um ambiente de produção caracterizado por ser *Engineer to Order* (ETO) e um sistema de produção sob encomenda.

A implementação se deu início pelo processo de fornecimento de dados de entrada do planejamento da produção para cadastro no sistema APS. A base de dados foi buscada através do ERP da empresa, conforme Figura 10, e com ela obtiveram dados a respeito dos principais componentes a serem fabricados, por exemplo: doca, construção do berço, guindaste e cais, e dados oriundos de venda, por exemplo: tipo de trabalho e dias úteis de execução (NAM; SHEN; RYU; SHIN, 2018).

Figura 10 – Importação de dados do sistema ERP

1. Select database table (ship table)

목업대상 테이블: LPM_PROJECT

케이스번호: CASENO 호선번호: PROJECTNO 선종: SHIPTYPE 선형: SHIPSIZE Batch번호: BATCHNO 도크번호: DOCKNO

조건절: WHERE CASENO = 'LP_PILOT'

CASENO	PROJECTNO	SHIPTYPE	SHIPSIZE	BATCHNO	DOCKNO	LENGTH	BREADTH	DEPTH	DRAE
1	LP_PILOT	S1096	PC	74.1K	1YARD-S1	228	32.20	25.60	
2	LP_PILOT	S1097	CN	2800TEU	1YARD-S1	212.80	32.20	19	
3	LP_PILOT	S1098	PC	70.5K	1YARD-S1	228	32.20	20.40	
4	LP_PILOT	S1099	PC	70.5K	1YARD-S1	228	32.20	20.40	
5	LP_PILOT	S1100	PC	70.5K	1YARD-S1	228	32.20	20.40	
6	LP_PILOT	S1101	PC	51.0K	1YARD-S1	183	32.20	19.10	
7	LP_PILOT	S1106	PC	51.0K	1YARD-S1	183	32.20	19.10	
8	LP_PILOT	S1109	BC	75.5K	1YARD-S1	225	32.20	19.70	
9	LP_PILOT	S1111	CN	2600TEU	1YARD-S1	210	30.10	16.70	
10	LP_PILOT	S1118	PC	45.8K	1YARD-S1	183	32.20	19.10	
11	LP_PILOT	S1120	CN	2600TEU	1YARD-S1	210	30.10	16.70	
12	LP_PILOT	S1121	CT	45.8K	1YARD-S1	183	32.20	19.10	
13	LP_PILOT	S1122	CT	45.8K	1YARD-S1	183	32.20	19.10	

2. Upload ship info. subject to plan

Fonte: Adaptado de Nam, Shen, Ryu e Shin (2018).

Nam, Shen, Ryu e Shin (2018) comentam que o segundo passo é a elaboração e cadastro de um do plano de produção, conforme Figura 11, dados como operações a serem executadas, dias úteis de execução e o propósito do plano são carregados no APS. Esse plano gerado é utilizado para mapear as etapas do projeto em um curto ou médio prazo, para atender um planejamento de longo prazo.

Figura 11 – Cadastro das etapas do plano de produção

1. Generate a case

목업대상지정

케이스번호: LP_PILOT 생성자: Admin 생성일: 2017-09-28 설명: 장기 생산계획 테스트 진행

장기 생산계획 케이스 생성

케이스 번호: LP_PILOT 용도 구분: 전략

설명: 장기 생산계획 전략 선택

생산 할인대 ID: CAL_SAPS 작업-부서코드 ID: LP_PILOT

Select working days info. & major work type info.

2. Allocate ship subject to plan

케이스번호	신박번호	선종	선형	Batch 번호	진주 Dock	길이	폭	깊이	중수	선종	의무명
1	LP_PILOT	S1097	CN	2800TEU	1501	1YARD-S1	212.80	32.20	19.00	0.00	
2	LP_PILOT	S1098	PC	70.5K	1502	1YARD-S1	228.00	32.20	20.40	0.00	
3	LP_PILOT	S1099	PC	70.5K	1503	1YARD-S1	228.00	32.20	20.40	0.00	
4	LP_PILOT	S1100	PC	70.5K	1504	1YARD-S1	228.00	32.20	20.40	0.00	
5	LP_PILOT	S1101	PC	51.0K	1505	1YARD-S1	183.00	32.20	19.10	0.00	
6	LP_PILOT	S1106	PC	51.0K	1506	1YARD-S1	183.00	32.20	19.10	0.00	
7	LP_PILOT	S1109	BC	75.5K	1507	1YARD-S1	225.00	32.20	19.70	0.00	
8	LP_PILOT	S1111	CN	2600TEU	1508	1YARD-S1	210.00	30.10	16.70	0.00	
9	LP_PILOT	S1118	PC	45.8K	1509	1YARD-S1	183.00	32.20	19.10	0.00	
10	LP_PILOT	S1120	CN	2600TEU	1510	1YARD-S1	210.00	30.10	16.70	0.00	
11	LP_PILOT	S1096	PC	74.1K	1601	1YARD-S1	228.00	32.20	20.60	0.00	
12	LP_PILOT	S1121	CT	45.8K	1602	1YARD-S1	183.00	32.20	19.10	0.00	
13	LP_PILOT	S1122	CT	45.8K	1603	1YARD-S1	183.00	32.20	19.10	0.00	

Fonte: Adaptado de Nam, Shen, Ryu e Shin (2018).

O terceiro passo é o planejamento da fabricação das etapas de produção, ou seja, de acordo com o plano de produção elaborado no segundo passo e o período do planejamento, o planejador define quais são as etapas do projeto que compõem aquele produto. Conforme a Figura 12, pode ser filtrada uma doca em específico e ver todas as etapas planejadas para o navio ser produzido (NAM; SHEN; RYU; SHIN, 2018).

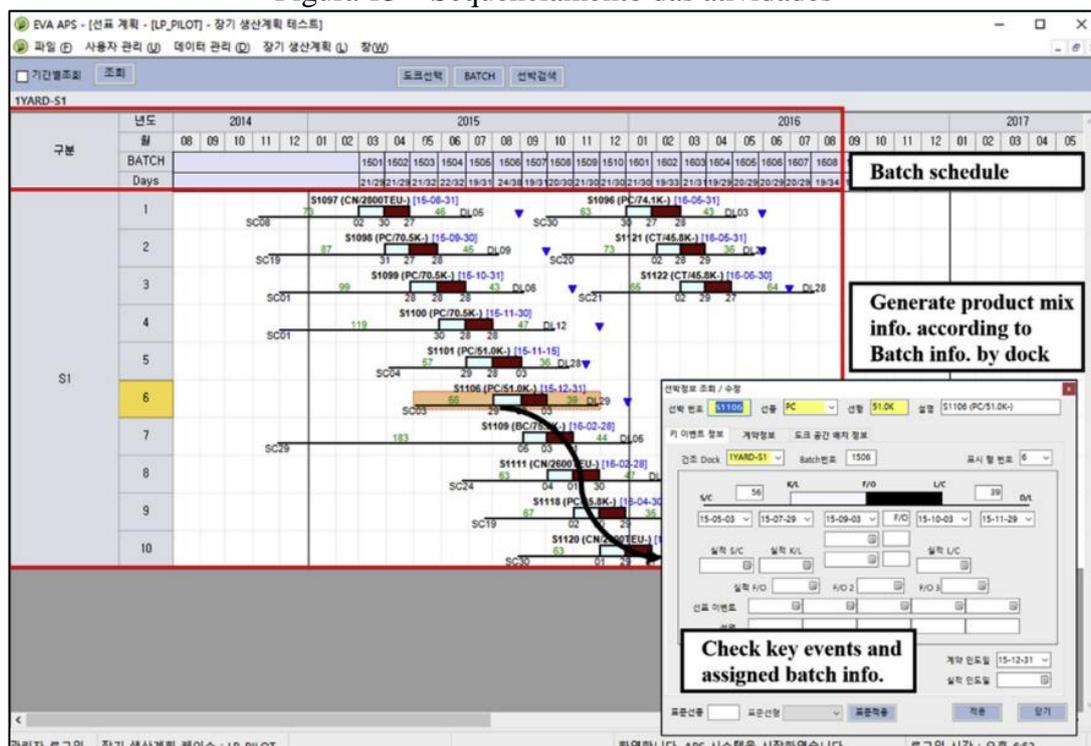
Figura 12 – Mapeamento das etapas de produção

Batch 번호	시작일	종료일	Net Day	일반 CalendarDay	장기 생산계획 CalendarDay
1501	2015-03-02	2015-03-30	21	29	29
1502	2015-03-30	2015-04-27	21	29	29
1503	2015-04-27	2015-05-28	21	32	32
1504	2015-05-28	2015-06-28	22	32	32
1505	2015-06-28	2015-07-28	19	31	29
1506	2015-07-28	2015-09-03	24	38	34
1507	2015-09-03	2015-10-03	19	31	29
1508	2015-10-03	2015-11-01	20	30	30
1509	2015-11-01	2015-11-30	21	30	30
1510	2015-11-30	2015-12-29	21	30	30
1601	2015-12-29	2016-01-27	21	30	30
1602	2016-01-27	2016-02-28	19	33	30
1603	2016-02-28	2016-03-29	21	31	31
1604	2016-03-30	2016-04-27	19	29	29
1605	2016-04-28	2016-05-26	20	29	29
1606	2016-05-27	2016-06-24	20	29	29
1607	2016-06-25	2016-07-23	20	29	29
1608	2016-07-24	2016-08-26	19	34	29
1609	2016-08-27	2016-09-27	19	32	29
1610	2016-09-28	2016-10-26	20	29	29
1611	2016-10-27	2016-11-24	21	29	29
1612	2016-11-25	2016-12-31	27	37	37

Fonte: Adaptado de Nam, Shen, Ryu e Shin (2018).

Nam, Shen, Ryu e Shin (2018) descrevem que o quarto passo é sequenciar as atividades que foram definidas para produção do navio, desenvolvendo um sequenciamento de prioridades. O planejador pode fazer alterações de prioridades e ajuste de datas e tempos em atividades chave, e o sistema calcula esse sequenciamento ideal através de um gráfico de Gantt, conforme Figura 13.

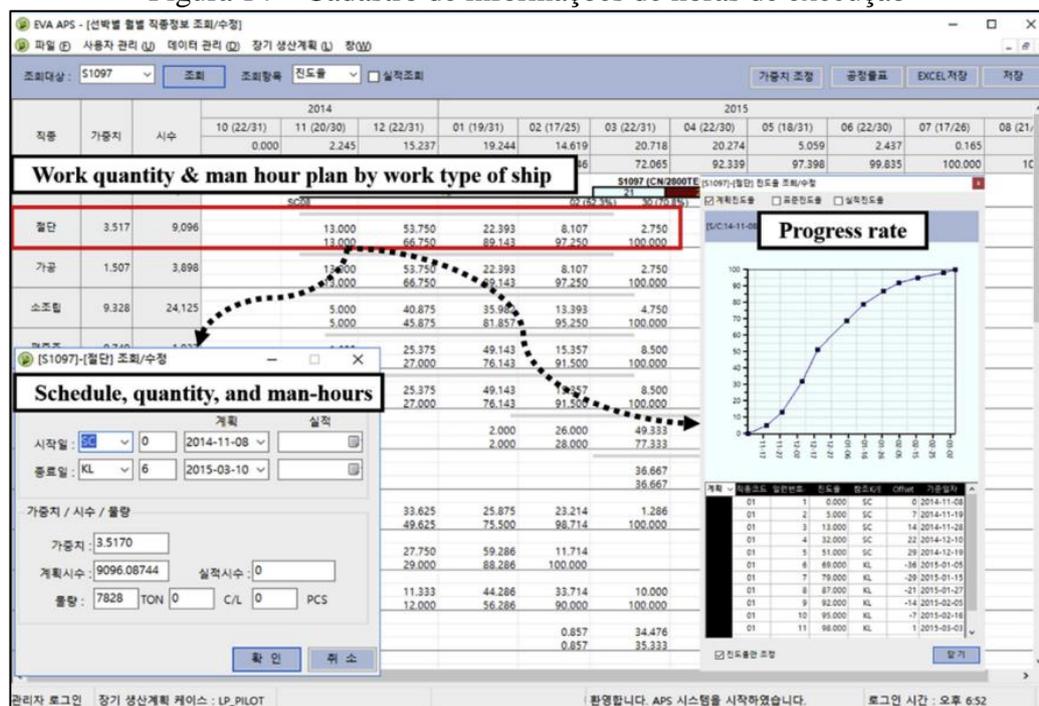
Figura 13 – Sequenciamento das atividades



Fonte: Adaptado de Nam, Shen, Ryu e Shin (2018).

A quinta etapa se baseia em cadastrar os recursos que serão necessários para executar essas atividades que foram sequenciadas no quarto passo, ou seja, quantidade de horas de trabalho por etapa e a taxa de entrega por recurso dessas etapas, conforme Figura 14 (NAM; SHEN; RYU; SHIN, 2018).

Figura 14 – Cadastro de informações de horas de execução



Fonte: Adaptado de Nam, Shen, Ryu e Shin (2018).

De acordo com Nam, Shen, Ryu e Shin (2018), o sexto e último passo tem por finalidade então avaliar se o plano que foi cadastrado, planejado, sequenciado e mensurado é factível ou não de ser executado. Sendo assim, conforme Figura 15, é analisado o volume de trabalho em cada período e visto se a empresa possui capacidade de recursos suficientes para atender todas as etapas de produção ou precisa rever seu escopo de projeto.

Figura 15 – Análise de recursos versus carga

The screenshot shows a software interface with a spreadsheet. The spreadsheet has columns for dates from 10/22/21 to 12/22/21 and rows for various work types (S1097 to S1122). Two callouts are present: '1. Select work type & workload type' pointing to the top row, and '2. Ship's workload by work type' pointing to the bottom rows.

Fonte: Adaptado de Nam, Shen, Ryu e Shin (2018).

2.4 ANÁLISE DE INVESTIMENTOS

Segundo Souza (2008) o ato de investir é de alta complexidade devido ao fato de envolver inúmeros fatores e, para isso, deve-se utilizar um modelo técnico para explicar e prever essas decisões. Camargos (2017) complementa que o investimento é a decisão de aplicar recursos em um ativo, com a expectativa de ganhos futuros, resultando em um aumento de riqueza.

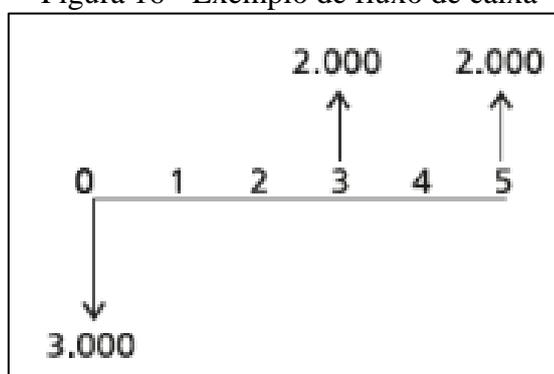
2.4.1 Fluxo de caixa

De acordo com Neto (2009) o resultado de uma análise de investimentos, é o fluxo de caixa. No fluxo é projetado diversas informações, tais como: receitas, gastos operacionais, investimentos em ativos e capital de giro.

Um problema envolvendo receitas e despesas ao longo de um período, pode ser representada na forma de diagrama de fluxo de caixa, a fim de facilitar a compreensão. A representação possui uma escala horizontal onde são marcados os períodos e a partir dela são representadas setas para cima, referenciando as entradas de caixa e setas para baixo, representando as saídas de caixa (CASAROTTO, 2019).

Casarotto Filho (2019) ilustra um exemplo de representação de fluxo de caixa, conforme Figura 16, onde é apresentado um investimento de R\$ 3.000,00 no período 0, e um retorno de R\$ 2.000,00 no período 3 e período 5.

Figura 16 - Exemplo de fluxo de caixa



Fonte: Adaptado de Casarotto (2019).

2.4.2 Taxa de mínima atratividade (TMA)

Uma proposta atrativa de rendimento deve, no mínimo, render igual as taxas de juros equivalente às aplicações correntes e de baixo risco, ou seja, a proposta deve render de acordo com a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) (CASAROTTO FILHO, 2019).

A TMA se regula de acordo com as taxas de juros praticadas pelo mercado e, de acordo com Souza (2008), as que mais impactam seriam: Taxa Básica Financeira, Taxa Referencial, Taxa de Juros de Longo Prazo e Taxa SELIC.

Portanto as organizações possuíram sempre, pelo menos, duas formas de investimentos disponível, sendo a primeira opção aplicando na TMA, onde a riqueza gerada para a organização será igual a zero ou, como segundo opção, investindo em algum projeto buscando um retorno superior ao TMA, gerando uma riqueza maior para a empresa (SOUZA, 2008).

2.4.3 Valor presente líquido (VPL)

O Valor Presente Líquido (VPL) diz respeito ao fato de comparar um investimento ou uma saída de caixa futura, trazendo os valores para o presente. Esta forma de cálculo utiliza a TMA como a taxa de correção ao longo do tempo e pode ser evidenciado na Equação 2 (CAMARGOS, 2017).

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FCt}{(1+k)^t} \quad (2)$$

Onde:

I = investimento inicial

FCt = fluxo de caixa no t-ésimo período

k = custo do capital

\sum = somatório da data 1 até a data n

Camargos (2017) complementa informando que os critérios de avaliação do VPL seriam:

- a) $VPL > 0$ – aceitar projeto;
- b) $VPL = 0$ – analisar outros fatores não financeiros;
- c) $VPL < 0$ – rejeitar o projeto.

2.4.4 Taxa interna de retorno (TIR)

De acordo com Souza (2008) a Taxa Interna de Retorno (TIR) é a taxa que torna o VPL de fluxo de caixa igual a zero. É um valor que depende dos investimentos realizados e dos retornos auferidos para representar a rentabilidade do projeto efetiva em períodos (CAMARGOS, 2017).

A TIR deve sempre ser comparado a TMA da empresa para se tomar decisões de investimentos e pode ser calculado conforme Equação 3 (CAMARGOS, 2017).

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FCt}{(1+i^*)^t} = 0 \quad (3)$$

Onde:

I = investimento inicial

FC_t = fluxo de caixa no t-ésimo período

k = custo do capital

\sum = somatório da data 1 até a data n

Camargos (2017) complementa que a relação entre a TIR e a TMA deve ser analisado da seguinte forma:

- a) $TIR > TMA$ – aceitar projeto;
- b) $TIR = TMA$ – analisar outros fatores não financeiros;
- c) $TIR < TMA$ – rejeitar projeto.

2.4.5 Período de recuperação de investimentos (*payback*)

De acordo com Souza (2008) o *payback* é o número de períodos necessários para que o fluxo de benefícios de um investimento, seja superior ao capital investido. O autor complementa analisando que a tendência futura é de mudanças contínuas e acentuadas na economia e, por isso, não se deve aceitar esperar muito para recuperar o capital investido.

Portanto, segundo Camargos (2017) os critérios de decisão baseados no *payback* seriam:

- a) $Payback >$ prazo de retorno estipulado pelo investidor – rejeitar o projeto;
- b) $Payback <$ prazo de retorno estipulado pelo investidor – aceitar o projeto.

O *payback* pode ser calculado de duas formas: *payback* simples e o *payback* descontado. No primeiro caso é considerado apenas os fluxos de caixa nominal do projeto, já no segundo caso é utilizado os fluxos de caixa descontados, ou seja, um fluxo de caixa descontado de acordo com o TMA (CAMARGOS, 2017).

3 PROPOSTA DE TRABALHO

Neste capítulo, é apresentada a situação atual da organização e as etapas para realização deste trabalho. São apresentados os tipos de produtos da empresa, o detalhamento do modelo de sistema de produção aplicado, bem como seu ambiente de produção e a forma como são executados o planejamento, programação e controle da produção, elencando suas dificuldades e deficiências.

3.1 CENÁRIO ATUAL

A Mesal Máquinas e Tecnologias Ltda é uma empresa criada em 1º de outubro de 1980, na cidade de Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, Brasil, com o intuito de fornecer equipamentos para o mercado vinícola da região. Atualmente, a empresa conta com uma unidade matriz, localizada na mesma região de origem, com mais de 10.000 metros quadrados de área produtiva, um quadro com mais de 240 funcionários, fornecendo máquinas e equipamentos no Brasil e em mais de 40 países do mundo.

Com o passar dos anos, por volta de 1984, a empresa mudou o seu rumo, migrou da exclusividade do mercado vinícola e começou a atender também o mercado de envase global (água, suco, refrigerantes, entre outras bebidas), lançando no mercado equipamentos totalmente nacionais com tecnologia europeia. Mais adiante no tempo, por volta do ano de 2010, ela agregou mais um mercado ao seu portfólio de produtos, desenvolvendo equipamentos para área de encaixotamento e paletização robótica.

Os modelos de equipamentos que a Mesal fornece em relação aos mercados de atuação em que está inserida são característicos de um sistema de produção não seriado e um ambiente de trabalho ETO. Nesse tipo de segmento, existem diversas variáveis dos clientes que tornam os equipamentos exclusivos em cada fornecimento, necessitando de uma engenharia especializada e uma manufatura flexível.

O Quadro 1 apresenta a nomenclatura, descrição e imagem dos equipamentos que a empresa fornece.

Quadro 1 – Descrição de linha de produtos

(continua)

Equipamento	Descrição	Imagem
Transportador de Esteira	<p>Equipamento que tem função de transportar o produto do cliente.</p> <p>Possui modelos para diversas aplicações em transporte de garrafas, sacos, caixas, fardos, entre outros.</p>	
Enchedora	<p>Equipamento “Tribloc”, lava, enche e fecha o frasco.</p> <p>Possui diversos sistemas de envase e diversos tamanhos de equipamento, que variam a produção de 4.000 a 48.000 frascos por hora.</p>	
Rotuladora	<p>Equipamento destinado para colocar o rótulo no frasco do cliente.</p>	
Empacotadora	<p>Equipamentos forma e empacota os frascos do cliente.</p>	

(conclusão)

Equipamento	Descrição	Imagem
Encaixotadora	<p>Equipamentos tem por função pegar o produto do cliente e depositar dentro da embalagem.</p> <p>Possui diversas variações, de acordo com o produto, aplicáveis em: frascos, sacos, bandejas, entre outros.</p>	
Paletização	<p>Equipamento tem por função o empilhamento do produto do cliente, no pallet em que será distribuído.</p> <p>Pode ser feito de forma cartesiana ou de forma robótica, necessitando ser customizado de acordo com o produto do cliente.</p>	

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

3.1.1 Processo produtivo

O processo produtivo dos equipamentos comercializados pela empresa se inicia no setor de engenharia, baseado nas informações técnicas que foram discutidas durante o desenvolvimento da venda. A partir dessas informações, o projeto é classificado em um dos quatro grupos:

- a) Padrão – Quando o equipamento é padronizado, normalmente são equipamentos auxiliares da linha, que não possuem contato com o produto do cliente;
- b) Adaptativo – No caso de um equipamento consolidado, já executado anteriormente, porém necessita de pequenas adaptações por conta do produto do cliente;

- c) Customizado – Produto Mesal que além de sofrer adaptação ao produto do cliente, precisa alterar sua forma construtiva para atender as variáveis do processo produtivo do cliente negociadas na venda;
- d) Desenvolvimento – Equipamento totalmente novo, por conta de grandes variáveis, os equipamentos base não conseguem ser aplicados, necessitando desenvolvê-lo a partir do zero.

A partir deste ponto, o projeto é iniciado e executado na íntegra pelo setor de engenharia de desenvolvimento, que modela, detalha e simula os componentes e conjuntos que compõem o equipamento, através de um software CAD 3D. Finalizado o desenvolvimento, a estrutura de produto é exportada do CAD 3D para o ERP da empresa, de forma automática. Neste momento, todos os itens novos desenvolvidos recebem uma codificação numérica sequencial.

Tendo essa estrutura cadastrada, o setor de engenharia de processo é demandado e executa a verificação de estrutura do produto do equipamento analisando se algo de errado aconteceu ou se algum item ficou sem estrutura, e também, executa o cadastro dos roteiros e tempos de fabricação, baseado em uma análise de processos, *setup* e operações pelas quais o respectivo item irá passar. Esse processo desenvolvido pela engenharia de processo é executado apenas para os itens novos criados, que giram em torno de 1500 códigos por mês, pois os demais já foram analisados em um outro momento.

Na sequência dessa verificação, o equipamento é encaminhado para o setor de PCP, onde toda a estrutura de produto é validada e liberada no MRP. Rodando o cálculo do MRP, as ordens de fabricação são lançadas na fábrica para que sejam processadas e entregues ao último processo interno da empresa, a montagem.

A fábrica possui um caráter de *layout* por processo, onde existem agrupamentos de equipamentos que executam uma mesma operação ou tipo de processo. São divididos em 17 centros de trabalhos, sendo eles:

- a) Corte Serras (SERRA)
- b) Corte Térmico (TERM)
- c) Dobra (DOBRA)
- d) Torno Convencional (TCON)
- e) Tornos CNC (TCNC)
- f) Fresadora Convencional (FCON)
- g) Centros de Usinagem (CTU)
- h) Fresadora Polímeros (FPOL)

- i) Torno Vertical (TVERT)
- j) Fresadora Portal (FPOR)
- k) Usinagem Especial (ESP_USI)
- l) Solda Tig (TIG)
- m) Solda Mig (MIG)
- n) Polimento (POL)
- o) Pintura (PINT)
- p) Vibroacabamento (VIBRO)
- q) Jateamento (JATO)

Uma vez executado todo o processo de manufatura, se dá início à montagem dos equipamentos no setor de montagem, onde os equipamentos são montados, regulados, testados e expedidos para o cliente, onde uma equipe da empresa executa as instalações.

3.1.2 Planejamento e controle da produção

Previamente à liberação dos equipamentos oriundos da engenharia, ou seja, na negociação dos novos equipamentos, é feita uma análise de carga de produção, simulando toda a carteira de pedidos existente e analisando quando que a demanda de produção gerada pelos equipamentos que estão sendo vendidos pode ser executada, com o intuito de passar um prazo para a área comercial cadastrar em sua proposta. A partir disso, aquele pedido assume uma posição na fila de prioridades e “reserva” seu espaço no cronograma dos setores.

Pretendendo mensurar essa demanda de carga que está entrando, é feita a simulação com equipamentos similares aos que estão em negociação, pois, até que o equipamento seja liberado pelo PCP após a entrega da engenharia, não se sabe precisamente a carga total que ele terá.

A estratificação desses valores se dá através de análise de MRP II, onde é feita uma relação entre a capacidade por centro de trabalho versus a carga que os equipamentos apresentam ao longo do tempo. A análise, conforme a Figura 16, fornece as avaliações de tempo em minutos, unidade de medida que mensura as cargas de toda a organização, ou seja, quantos minutos o equipamento vai necessitar para ser executado em cada centro de trabalho.

Figura 17 – Cálculo de MRP II

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	Atualizar tabela PMP, em caso de nova revisão																			
2	PAC_PMP (Vários itens)																			
3	STATUS ABERTO																			
4	NP Semanas/Manufatura	SERRA	TERM	DOBRA	TCN	TCNC	FCON	CTU	FPOL	TVERT	FPOR	ESP USI	TIG	MIG	POL	PINT	VIBRO	JATO		
5	Minutos atendidos/Semana	10,3	15,0	14,2	14,9	13,4	13,4	13,3	11,6	11,1	10,9	11,6	15,5	10,3	13,8	6,4	8,4	8,2		
7	INTERFERÊNCIA	454475	24990	22050	9800	58800	73500	11760	80850	7350	4410	3920	8820	22050	22050	22050	8575	7350	9800	
8	ENCHEDORA	334507	2381	6893	998	43766	65681	2507	55409	1366	41677	30411	34775	13088	9763	19895	3077	400	1214	
9	ENXAGUADOR	54939	512	2704	440	15429	5153	1193	6217	334	5591	2230	5584	2964	2085	2794	1058	108	333	
10	ENCHUFCADORA	104957	10315	3313	1626	14908	17640	4890	16813	5210	0	3231	6591	11611	448	6599	344	333	1086	
11	APLICADOR DE ALCA	30795	1602	2695	655	11247	74	2917	2357	191	0	15	1179	3881	524	2927	137	87	307	
12	DIVISOR DE LINHA	17408	1005	1586	428	6479	13	1904	1174	129	0	13	706	1747	343	1579	93	55	155	
13	TRANSPORTADOR ESTEIRA	75598	5998	11053	8783	6122	6448	2456	5624	2564	0	46	7217	6065	1522	7800	498	3134	268	
14	Pedidos	49903	288	463	234	4514	18030	787	12633	1135	396	10	6952	2388	204	1273	372	106	117	
15	ELEVADOR ESPIRAL	31087	2394	4584	738	4170	4578	770	3138	2291	0	1159	1643	2806	1242	1198	113	66	198	
16	ROTULADORA	10560	149	320	294	3631	437	200	1634	53	344	858	448	1005	225	318	334	163	148	
17	Protótipo	16099	315	10	296	3568	1650	450	3702	450	720	300	1022	425	1980	50	1160	0		
18	LAVADORA	16310		58	540	3379	776	737	1641	587			1459	4535	95	1671		24	807	
19	EMPACOTADORA	15127	503	1605	1121	2009	334	75	1040	133			1194	2073	2667	1056	100	6	1210	
20	Estoques	6745			1900	219	224	394					314	1539	90	1915	60		90	
21	CARBONATADOR COM DESAERADOR	6702		580	57	1788	414	84	274	20			161	2172		1110			41	
22	COMPLEMENTO	19648	564	7874	1416	1564	1388	0	1330	1004	0	0	771	160	960	1944	0	674	0	

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Baseado no prazo que o equipamento necessita para ser manufaturado, oriundo de uma análise prévia executada pela gerência da área de PCP, é realizada uma análise se é possível ou não cumprir com o prazo devido à simulação de carga. Essa ferramenta fornece uma análise semanal de carga, ou seja, se os minutos por centro de trabalho que devem ser executados excedem ou não a capacidade total. Ela permite fazer a análise de forma semanal ou ao longo de um período maior, com o intuito de analisar o horizonte.

Historicamente, a empresa possui entre 20 a 30 equipamentos sendo produzidos simultaneamente em todos os centros de trabalhos, isso gera uma carga em torno de 5600 ordens de produção, totalizando mais de 60000 itens sendo processados no chão de fábrica ao mesmo tempo. Considerando que cada ordem de produção tenha em média 3 operações, estima-se em pelo menos 180000 fluxos acontecendo.

Apenas o fato de ter esse volume de produção, tendo em vista a quantidade de itens, operações e processos, é difícil garantir a geração de uma sequência ideal para a produção, porém existem mais algumas variáveis que tornam mais complexo executar esse processo:

- Fluxo produtivo não linear – o fluxo de processos não segue uma única sequência, ou seja, os itens possuem diversos caminhos dentro da manufatura, por exemplo: um item é cortado, posteriormente é usinado em um torno convencional, para ir para a solda tig, retornando para ser usinado no centro de usinagem, para ser jateado no centro de trabalho jato, para então ser encaminhado para montagem;
- Venda de peças de reposição – 10% da produção mensal é destinada para executar peças que os clientes compram da empresa para manter suas máquinas funcionando depois que saem da garantia. Portanto, essa é uma demanda que não

tem como ser prevista, pelo fato que não se sabe prever o que os clientes vão comprar;

- c) Peças para assistência técnica – no momento que a máquina é expedida da empresa e vai ser posta, para funcionamento no cliente, podem acontecer alguns problemas que necessitam de produção de itens (podendo ser novos ou não) para que a obra não pare e a máquina opere o quanto antes;
- d) Criação de itens novos – mensalmente são criados mais de 1500 códigos novos, itens que não foram feitos protótipos e muito menos tomadas de tempo, não tendo um tempo preciso de execução. Esses itens, por muitas vezes, são executados apenas uma única vez, pois são exclusivos para o produto do cliente;
- e) Processos externos – além dos processos internos da empresa, existem alguns que a empresa não possui internamente e necessita terceirizar, ou seja, necessita executar internamente até uma data predefinida para que dê tempo de executar o serviço externo e retornar no prazo ideal para ser montado. Os serviços externos podem ser: usinagem eletrofito, galvanização, zincagem, banho de cromo, banho de níquel, injeção de borracha, entre outros.

Portanto, executar um sequenciamento fino dos equipamentos já é uma tarefa complexa de se fazer de forma manual, porém depois de executada é só monitorar seu andamento. Mas, no caso da empresa em estudo, cada variável que surge em meio ao processo de sequenciamento, que são consideradas interferências, necessitam que todo o sequenciamento seja revisado e refeito, logo exige esforço e tempo considerável para que seja executado de forma manual.

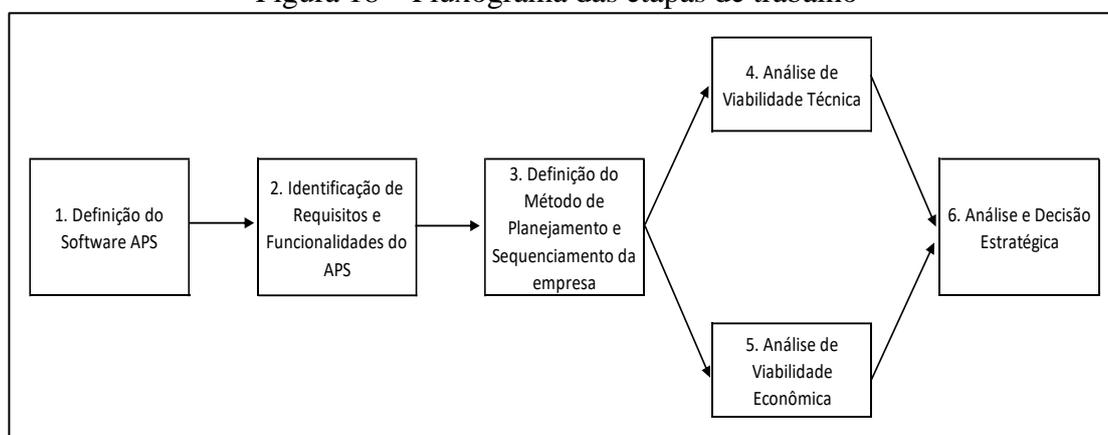
Com isso, diversos problemas acontecem no processo produtivo, como a não conclusão na sequência ideal para executar a montagem do equipamento, perdas financeiras quanto à otimização de processos e recursos, a não disponibilização das peças no tempo ideal para envio ao externo e o não cumprimento dos prazos de entrega, tanto para equipamentos, quanto para pedidos de venda de peças e assistência.

3.2 ETAPAS DE TRABALHO

Na proposta de buscar uma melhora no formato atual de sequenciamento da produção da empresa em estudo, utilizando sistemas de programação avançados de produção, com o intuito de obter uma conclusão a respeito da viabilidade técnica e econômica dessa

implementação, foi desenvolvido um método para este objetivo. A Figura 17 ilustra o método em forma de fluxograma.

Figura 18 – Fluxograma das etapas de trabalho



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

A primeira etapa consiste em entender, de forma prática, de que forma o sistema APS funciona na íntegra. Para isso, foi dividida em duas principais abordagens de forma a mapear o sistema como um todo:

- a) Mapear as informações de entrada, ou seja, aquilo que o sistema necessita ser informado para que possa executar suas funcionalidades. Em outras palavras, o que a empresa precisa fornecer de informações e de onde elas podem ser coletadas com o intuito do sistema rodar de forma eficaz.
- b) Compreender todas as funcionalidades do *software*, buscando entender tudo aquilo que ele pode fornecer como informações de saída e os formatos como ele pode operar, com o intuito de se obter informações de saída de maneiras distintas, dependendo do foco com que se está planejando.

Planeja-se desenvolver esta etapa juntamente com uma empresa detentora dessa tecnologia, que possui maior propriedade para falar do assunto e elencar os pontos chaves de sua aplicação, ainda mais em um cenário como o da Mesal Máquinas.

Na etapa dois, é analisado se a empresa em estudo possui as informações de entrada e saída elencadas na etapa um. Juntamente com o setor de PCP, busca-se encontrar duas respostas, a existência ou não dessas informações, para chegar ao final desta etapa com um plano já direcionado de gerar condição de implementação do sistema:

- a) Verificar se as informações existem, ou seja, se a empresa possui as informações para alimentar o *software*, porém, é necessário verificar se o formato que a empresa

possui integra com o formato exigido pelo sistema e o que é necessário fazer para que seja possível a comunicação;

- b) Verificar se as informações não existem, portanto, qual estrutura, seja ela física ou tecnológica, é necessária desenvolver para que o sistema seja factível de ser aplicado e os resultados sejam confiáveis.

Na terceira etapa, desenvolve-se o método de planejamento da empresa, ou seja, como será o fluxo para tomada de decisão durante o sequenciamento das atividades, visto que a empresa possui quatro fluxos de entrada diferentes, que geram liberação de carga para a manufatura, que são: demandas de venda de equipamentos, venda de peças de reposição, garantias e retrabalhos de processos internos.

Além do método de priorização, foram descritas todas as restrições de processos produtivos que devem ser informadas ao *software*, para que o mesmo seja capaz de considerar o que ele pode sequenciar para cada centro de trabalho e, dentro do centro de trabalho, onde ele pode alocar o item a ser executado.

No passo quatro, realiza-se a análise qualitativa de viabilidade técnica de implementação do sistema. Para isso, busca-se compreender a relação entre o volume de trabalho necessário para manter o APS operando de forma eficaz em relação ao processo que a empresa em estudo apresenta atualmente.

Exemplificando essa análise, julga-se a necessidade de adição de recursos para executar a manutenção do sistema, com o intuito de um resultado superior, chegando a uma conclusão de esforço versus resultado.

No quinto passo, analisa-se a viabilidade de implementação de forma quantitativa, ou seja, todas as necessidades mencionadas nos passos anteriores são monetizadas, com o intuito de verificar quanto seria o impacto econômico dessa implementação.

Neste passo, é levado em conta desde o valor de aquisição do sistema até o seu custo de operacionalização, considerando tanto estruturas materiais (componentes, computadores, servidores, entre outros), quanto recursos humanos (pessoas necessárias para operacionalizar).

No sexto passo, é feita a síntese dos dois anteriores, analisa-se a relação entre custo e resultado. Sendo assim, faz-se uma análise do projeto sob a perspectiva de viabilidade econômica. Para tanto, ferramentas de engenharia econômica são utilizadas, como por exemplo, *payback*.

Além dessa análise, é avaliado se o projeto proposto por este estudo está de acordo com o planejamento estratégico da organização, com o intuito de verificar se o sistema APS

está de acordo com o caminho que a empresa definiu para atingir os objetivos enunciados neste planejamento.

4 RESULTADOS

Neste capítulo, é apresentado o desenvolvimento da proposta de trabalho, evidenciada na seção 3.2. Estão detalhados todos os passos para a realização de cada etapa, bem como os resultados obtidos, os diagnósticos e as ações para tornar o objetivo do trabalho viável.

4.1 DEFINIÇÃO DO SOFTWARE APS

Atualmente existem diversas empresas desenvolvedoras que ofertam *softwares APS* no mercado, cada um com sua particularidade, mas com o mesmo princípio e finalidade, mudando apenas formas de visualização e operacionalização entre eles.

O processo produtivo da Mesal Máquinas, como descrito anteriormente, é de alta complexidade e um dos fatores predominantes para decisão da desenvolvedora fornecedora do APS é a necessidade de conhecimento avançado em sequenciamento de fábrica, planejamento e *know-how* sobre teorias produtivas, principalmente no ramo de produção de máquinas, com alto nível de customização e que, preferencialmente, já tenham vivenciado situações semelhantes.

Baseado nisso, foram analisadas as desenvolvedoras com maior tempo de mercado e com maior representatividade no mercado e chegou-se ao nome do Opcenter APS. O Opcenter APS é atualmente uma solução de domínio da empresa Siemens, a qual adquiriu ao longo de sua história o antigamente chamado Preactor, um dos precursores do *software* no mercado.

A escolha foi embasada no fato de que o Opcenter APS possui milhares de aplicações em todo o mundo, nos mais variados mercados, portanto, ele possui uma grande flexibilização e consegue ser bem customizado para cada demanda de cada empresa. Porém, a Siemens possui empresas homologadas para fazer essa comercialização e desenvolvimento de customizações para cada cliente.

Foram analisadas três destas empresas homologadas, com base nos seguintes critérios: tamanho da empresa, abrangência de mercado, portfólio de clientes e o tamanho e qualificação da equipe técnica de desenvolvimento e suporte. Estes requisitos foram baseados no desejo de escolher uma empresa que tivesse experiência e conhecimento no cenário produtivo da Mesal.

A empresa que melhor preencheu esses requisitos está situada na cidade de Curitiba, Paraná, por apresentar o diferencial entre as demais no âmbito de entender os fluxos e lógicas de sequenciamento de uma produção, em especial, ao entendimento do cenário Mesal. Ela se

destacou pelo seu mercado de atuação ser direcionado à indústria metalúrgica, principalmente fabricantes de máquinas e equipamentos, e por conta de sua equipe possuir histórico de trabalho de PCP nessas empresas, vivenciando as particularidades e dificuldades da área.

4.2 IDENTIFICAÇÃO DE REQUISITOS E FUNCIONALIDADES DO APS

Esta etapa consiste em analisar os dados e informações que a empresa necessita disponibilizar para o *software* APS executar o sequenciamento das ordens de produção de maneira eficaz. Para isso, ele necessita de três informações principais: recursos fabris, tempos de processo e roteiros de fabricação.

4.2.1 Recursos fabris

Para esta informação necessária, foi levado em conta os recursos disponíveis, ou seja, tudo que está atrelado ao processo produtivo, dando condição de se executar algum processo, como exemplo: número de recursos operacionais, máquinas e equipamentos, ferramentas, entre outros. A partir dessas informações, o APS passa a “saber” quais são os tipos de equipamentos que a empresa possui no processo produtivo, quantas ferramentas de um mesmo modelo podem ser utilizadas simultaneamente e qual o tempo que esses equipamentos estão disponíveis para produzir (em minutos diários).

Portanto, se executou o mapeamento dessas informações para todos os centros de trabalhos descritos no capítulo 3, subseção 3.1.1, com a finalidade de cadastrar no *software*, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Recursos Fabris

(continua)

Centro de trabalho	Recurso	Quantidade	Tempo Disponível [(minutos/dia)/recurso]	Tempo Disponível Total (minutos/semana)
SERRA	Serra fita	2	500	5000
TERM	Equipamento Corte Laser	1	600	3000
TERM	Equipamento Oxicorte	1	300	1500

(conclusão)

Centro de trabalho	Recurso	Quantidade	Tempo Disponível [(minutos/dia)/recurso]	Tempo Disponível Total (minutos/semana)
DOBRA	Dobradora CNC	1	400	2000
TCON	Torno Convencional	7	371	13000
TCNC	Torno CNC	8	375	15000
FCON	Fresadora Convencional	1	480	2400
CTU	Centro de Usinagem	6	400	12000
CTU	Fresadora CNC	1	600	3000
FPOL	Fresadora Polímeros	1	400	2000
TVERT	Torno Vertical	3	333	5000
FPOR	Fresadora Portal	1	800	4000
ESP_USI	Mão de obra operacional	5	280	7000
TIG	Mão de obra operacional	3	400	6000
MIG	Mão de obra operacional	2	450	4500
POL	Mão de obra operacional	3	400	6000
PINT	Mão de obra operacional	1	525	2625
VIBRO	Vibro acabamento	2	150	1500
JATO	Mão de obra operacional	1	400	2000

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Neste momento, com o mapeamento dos recursos e determinação de suas disponibilidades para fins de cálculo, o parque fabril está desenhado virtualmente para receber o sequenciamento das ordens de produção, portanto, toda a carga de trabalho pode ser alocada nos centros de trabalho para buscar uma redução nas ociosidades do processo como um todo.

Além das variáveis apresentadas acima, existe outro fator no processo que gera uma restrição e que necessita ser quantificado, que são as ferramentas disponíveis para serem utilizadas na fabricação das peças que compõem o produto final da empresa. Atualmente, são mais de 350 ferramentas diferentes, onde parte deste montante se possui estoque de segurança, não se tornando uma restrição, mas existem 22 ferramentas, conforme Quadro 2, que são especiais, desenvolvidas exclusivamente para a Mesal, as quais devem ser cadastradas como restrição, onde se possui apenas 1 ou 2 unidades e o *lead time* de fornecimento é alto.

Quadro 2 – Ferramentas Restritivas

Código do Item	Descrição
192637	BROCA HEL HM C/RI Ø:5.5 30XD ØH:6 CC:185 CT:233 B274Z05500HPG KCPK20
201426	BROCA HEL HM C/RI Ø:4.50 30XD ØH:6 CC:145 CT:200 (ALCRONA)
189804	BROCA TMAX Ø:47 ØH:40 CT:280 (ZS 03 4495)
199358	FRESA TOPO MD Ø:25 4C ØH:22 CC:21 CT:220 MF-DX
49147	BROCA HEL HM C/RI Ø:12 13XD ØH:12 CC:165 CT:220 (ALCRONA)
189781	BROCA PONTEIRA Ø20 - 20D (STANDAR T-A 26010H-25FM)
190037	BROCA TMAX Ø:23 ØH:25 CC:115 CT:194 SANDVIK (880- D2300L25-05)
190374	BROCA HELICOIDAL HSS DIN 1869/3 Ø:16.00 EXTRA LONGA
189903	BROCA PONTEIRA Ø:15 ØH:20 CC:150 CT:225 (KSEM150R10WN20M)
192268	BROCA HEL HM C/RI Ø:6 30XD ØH:6 CC:194 CT:233 B274Z06000HPG KCPK20
190495	BROCA HEL HM C/RI Ø:16 3XD 6C ØH:16 CC:50 CT:110 (ALCRN)
186506	BROCA HEL HM C/RI Ø:8 20XD ØH:8 CC:160 CT:200
190494	BROCA HEL HM C/RI Ø:17 5XD 6C ØH:18 CC:90 CT:150 (ALCRN)
189902	BROCA PONTEIRA Ø:15 ØH:20 CC:116 CT:186 (KSEM150R7WN20M)
189900	BROCA PONTEIRA Ø:12.5 ØH:25 CC:98 CT:167 (KSEM125R7WN16M)
189949	BROCA PONTEIRA Ø:35 ØH:32 CC:238 CT:340.9 (24520H-32FM)
109072	BROCA HEL HM C/RI Ø:3.5 18XD ØH:6 CC:65 CT:100 (TIALN)
75884	BROCA HEL HM C/RI Ø:10 18XD ØH:10 CC:180 CT:230 (ALCRONA)
189743	FRESA TOPO HM Ø:20 4C ØH:20 CC:75 CT:150 45° LONGA
193674	FRESA TOPO HSS Ø:25 4C ØH:25 CC:90 CT:220 (ESPECIAL)
190054	BROCA TMAX Ø:18 ØH:25 CC:54 CT:150 SUMITOMO (WDX180D3S25)

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

4.2.2 Tempos de processo e roteiro de fabricação

Finalizada a análise da parte física da organização para fins de mensuração da capacidade, entramos na parte de disponibilização de informações para preencher essa capacidade, ou seja, as informações que geram carga de trabalho, em outras palavras, as ordens de fabricação, que dentro delas possuem as informações de roteiros de fabricação e tempos de cada operação.

Como descrito na subseção 3.1.1, este cadastramento e mensuração é feito pelo setor de Engenharia de Processo, sendo o tempo de execução uma estimativa baseada em uma simulação em *software* e em peças similares já executadas. As informações de tempo de produção são retroalimentadas via sistema MES, portanto, supondo que todos os itens novos criados fossem executados mais que uma vez, ao longo do tempo, esses tempos ficariam cada vez mais precisos.

Portanto, essas informações geradas e coletadas estão todas disponíveis no ERP da empresa, em um banco de dados, o qual o *software* escolhido possui total condição de fazer essa importação de dados, não sendo necessária nenhuma alteração no sistema atual, apenas desenvolver uma interface entre ERP e APS.

Sendo assim, aquilo que tange às ordens de produção e a sua execução está totalmente adequado, porém, existe uma outra variável que precisa ser levada em conta e que por muitas vezes pode ser utilizado como estratégia de sequenciamento, que são os tempos de *setup*.

O tempo de *setup* direta ou indiretamente é uma perda produtiva, pois apesar de ser inerente ao processo, é um tempo despendido para algo que não gera resultado. Existem diferentes formas de trabalhar com esse tempo e como computá-lo dentro do planejamento. No caso da Mesal, esse tempo é mensurado dentro do tempo de execução de cada operação, ou seja, o tempo total de execução de determinada ordem de fabricação contempla tanto o tempo de execução quanto de *setup*. Portanto, para melhor sequenciamento e modelação de estratégia dentro do APS, necessitará realizar um trabalho para separar as duas informações, a fim de informar o *software* qual o tipo de *setup* que está sendo feito e qual o tempo que será levado. Assim, torna possível planejar uma otimização, reduzindo o número de trocas e consequentemente as perdas produtivas atreladas a esse fator.

4.3 DEFINIÇÃO DO MÉTODO DE PLANEJAMENTO E SEQUENCIAMENTO DA EMPRESA

Nesta etapa do estudo, foi pensada a forma como o sequenciamento das ordens de produção será executado dentro do software, pois, apesar de o APS já possuir todas as informações para realizar os cálculos, existem diferentes fluxos ocorrendo simultaneamente no processo produtivo da organização, que precisam ser convergidos em apenas uma sequência, mas nem sempre de uma mesma maneira.

4.3.1 Desenvolvimento da integração do sistema

A integração do sistema é desenvolvida de acordo com cada organização, cada qual possui uma particularidade em seu processo produtivo que a distingue das demais, seja por uma *expertise* própria ou algum sistema diferenciado que essa possui para executar os seus processos. Diante disso, a operação é semelhante, mas nunca igual, e o caso da Mesal não é diferente, tendo sido necessário desenvolver uma lógica para que atendesse essa demanda.

Exemplificando o caso da Mesal, existem diferentes fluxos produtivos que geram demanda de fabricação e concorrem entre em si para ocupar o lugar na fila de execução de alguns dos centros de trabalho e conseqüentemente em algum dos equipamentos pertencentes a esses centros, que são:

- a) Venda de Equipamentos – Equipamentos vendidos que necessitam ser projetados, manufaturados, montados e testados;
- b) Venda de Peças de Reposição – Peças para equipamentos já entregues, que ao longo do tempo sofreram algum desgaste natural após o período da garantia e necessitam ser substituídas;
- c) Garantias – peças que sofreram algum desgaste prematuro ou alguma avaria durante a instalação no cliente e necessita ser substituída;
- d) Retrabalhos – peças com erros de fabricação que necessitam ser retrabalhadas ou feitas do zero para atender os equipamentos que estão na área de montagem, ou seja, próximos do prazo de expedição.

Estes fluxos mencionados não possuem um sequenciamento de priorização entre eles e não existe também um percentual de alocação para cada fluxo no parque fabril, devido ao fato dos fluxos atenderem interesses distintos, responsáveis por suprir demandas tanto do momento

passado (máquinas instaladas), do momento presente (máquinas em andamento) e do momento futuro (máquinas que serão entregues). Portanto, não se pode adotar como uma verdade, por exemplo, que o fluxo de peças de retrabalhos, sejam mais importantes que venda de equipamentos, dependendo da análise estratégica e visão do todo, essa prioridade pode ser invertida.

Porém, apesar dessa não possibilidade de criar uma regra de sequenciamento fixa, é necessário que exista um norte a ser seguido como indicativo, mas cada necessidade de alteração deve ser analisada de forma a mitigar as consequências de tal alteração. O sequenciamento de fluxo norteador definido então foi:

- a) Prioridade 1: Garantias;
- b) Prioridade 2: Venda de Peças de Reposição;
- c) Prioridade 3: Retrabalhos;
- d) Prioridade 4: Venda de Equipamentos.

O critério foi decidido baseado no pensamento de que, as peças em garantia, são peças fundamentais para que a última etapa de entrega de um novo equipamento seja executada, finalizando o ciclo deste cliente, permitindo que o mesmo comece a produzir e não tenha perdas de receita. Em segundo, as peças de reposição, por conta que se a primeira prioridade é fazer os equipamentos operarem, a segunda tem que ser manter eles funcionais e prestar o suporte necessário para o mercado.

Em terceiro, se estabelece os retrabalhos, pois seriam as máquinas que estão com os prazos de entrega próximos do fim e uma série de logísticas internas, tanto por parte da empresa fabricante quando a da consumidora, já foram mobilizadas, isso envolve transporte, paradas de linhas, férias e entre outros. Por fim, como quarta prioridade fica os equipamentos que estão ainda em processo de manufatura, que em caso de sobrecarga por conta dos três anteriores, possui-se, em alguns casos, a possibilidade de renegociação.

Entretanto, apesar de esse ser o sequenciamento preferencial dentro do planejamento, foi necessário desenvolver lógicas específicas para cada fluxo, que em caso de um evento especial, o fluxo em questão deva ser acionado como preferencial e, assim, as ordens seriam sequenciadas de modo a atender esta particularidade, resultando em cinco sequenciamentos possíveis apenas levando em conta os fluxos.

Deve-se salientar que ao adotar um dos quatro fluxos como principal, ou seja, não obedecendo o sequenciamento preferencial, as ordens de produção deste fluxo não podem ocupar todos os postos de trabalho durante um determinado período, é necessário que seja

direcionada uma energia produtiva maior para este fluxo, mas não em detrimento de zerar a execução dos demais. Aceita-se que uma parcela dos demais possam sofrer algum atraso, mas não que o todo dos três fluxos seja prejudicado.

Entretanto, do mesmo modo que não é admissível que se ocupe todos os postos de trabalho com apenas um fluxo, não é possível determinar qual é o percentual ideal de alocação para os demais fluxos. O fato é que dependendo do intervalo de tempo analisado, existem demandas novas que necessitam ser executadas entrando na fila, que podem aumentar ou diminuir a carga de um fluxo em específico e isso conseqüentemente irá aumentar ou diminuir a necessidade de percentual de alocação no processo produtivo.

Para essa complexidade de alocação de carga para atender todos os fluxos, o *software* APS dispõe de uma funcionalidade em que, essas demandas de caráter urgente oriundas de algum desses fluxos, que necessitam ser executadas preferencialmente, podem ser fixadas no começo do plano de sequenciamento e todo o restante da carga é alimentada conforme o padrão estabelecido. Em outras palavras, eu executo o sequenciamento ótimo proposto pelo APS, porém informo ao *software* que determinada demanda deve ser executada por primeiro, sem sofrer atrasos e para isso, algumas ordens de produção de outras demandas deverão ser realocadas.

Outro ponto analisado no desenvolvimento do algoritmo do processo é reconhecer o caminho crítico dos equipamentos, pois dentro dele existem itens que demoram cinco minutos para serem executados, como possui itens que demoram dois meses para serem executados. Com isso, é necessário que através dos *leads times* de cada operação desses itens de maior criticidade, o *software* sequencie as ordens de forma prioritária, para que na data prevista de entrega da manufatura para a montagem, todos os itens estejam disponíveis, pois grande parte dos itens classificados como caminho crítico são os primeiros a serem montados.

4.4 ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA

O primeiro ponto analisado tecnicamente foi em relação ao esforço de trabalho para executar um sequenciamento na atual prática da empresa, comparando-o com o que seria necessário para executar através da nova ferramenta. Atualmente a empresa executa o planejamento de carga *versus* capacidade por planilha em Excel, com informações importadas do ERP, que geram uma visão macro, mostrando se é possível executar ou não.

A parte de sequenciamento das ordens de produção fica a cargo da fábrica executar, existe uma orientação prévia oriunda do PCP de como sequenciar, porém, essa *expertise* está

muito mais ligada ao operador responsável do que a um processo robusto, o que é um ponto crítico pensando em sustentabilidade da empresa. Migrando para o APS, este *know how* ficaria eternamente para empresa e o chão de fábrica se tornaria de fato um executor, tendo apenas a incumbência de fazer a logística dos materiais para atender o sequenciamento planejado.

Outra questão analisada é com relação à eficácia do sequenciamento atual comparando com o que está sendo proposto. No cenário atual, o sequenciamento está visando um horizonte de uma semana ou no máximo duas semanas em centros de trabalho específicos, contra uma análise de uma carteira inteira (podendo-se analisar o horizonte desejável) realizada pelo APS, ou seja, haveria um ganho significativo com relação à redução de tempos de *setup*, otimização de ferramental e melhora nos prazos de entrega.

Como o *software* se baseia nos tempos cadastrados e retroalimentados, conforme descrito na subseção 4.2.2, o sequenciamento das ordens de produção e a eficácia pode, de certa forma, não ser o ideal, por conta de que a empresa cria mais de 1.000 itens novos mensalmente, devido à customização dos seus equipamentos para atender o produto dos clientes. Customizações que serão aplicadas uma única vez, inviabilizando a prototipagem e consequentemente tomadas de tempo, ou seja, pode-se haver distorções entre o planejado e o real, entre o que o APS irá apresentar e o que irá acontecer de fato. Mas apesar disso, mensurando o desvio que a empresa possui hoje, entre o estimado e o executado, não seria um impacto significativo a ponto de inviabilizar tecnicamente a implantação.

Uma questão analisada neste tópico que influenciará na análise de viabilidade econômica, diz respeito à estrutura necessária para a operacionalização do APS, falando diretamente em mão de obra operacional, se será necessária a incorporação de mais recursos ou não. Por conta de que todas as tarefas de planejamento que são executadas hoje derivam-se em planilhas em Excel e estariam sendo integradas todas dentro de um único *software*, o número de pessoas não alteraria da estrutura que se tem hoje, o que de fato se faz necessário é a possuir uma segunda pessoa sendo treinada para operar a ferramenta que, em caso de perda de uma das pessoas, o sistema se manteria operante, ou seja, será necessário formar um “*backup*” de operador.

Outro fator influenciador para tomada de decisão é com relação à estrutura de produto dos equipamentos, se ela atende ou não os parâmetros para se montar a interface entre ERP e APS. Atualmente ela é formada automaticamente a partir da importação do projeto do Solid Works ® para o próprio ERP, ou seja, a forma sequencial de como é realizada a montagem do equipamento durante a modelagem no CAD é reproduzida para dentro de ERP. Contudo, pelo fato da empresa já possuir uma estrutura de produto bem definida e as ordens de produção serem

feitas automáticas a partir da estrutura, essa informação se encontra em condições de ser utilizada e não necessita de alterações.

4.5 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

A análise econômica, da mesma forma que a análise técnica, abrange diferentes pontos da empresa que seriam impactados pela implantação do *software* APS, desde a parte estrutural de *hardware*, *softwares*, recursos operacionais até a implementação da ferramenta.

Iniciando pela parte estrutural, o primeiro ponto a ser avaliado foi o *hardware* da Mesal. Juntamente com o setor responsável, avaliou-se as necessidades da empresa detentora do APS, sendo identificado os requisitos abaixo:

- a) Windows Server 2012/6/9 x64;
- b) SQL2017/9 EXPRESS x64;
- c) Processador Intel Xeon Quad Core (ou 4 vCPU);
- d) 16 GB RAM / 500 GB SSD
- e) Acesso remoto pela internet via WTS ou com VPN+WTS

Os requisitos solicitados para uma *performance* do *software* e para que haja capacidade de processamento suficiente de dados, bem como sua armazenagem de dados, estavam todos atendidos conforme estrutura atual, não havendo a necessidade de investimento para este quesito.

O ponto seguinte da estrutura é a mão de obra operacional, ou seja, a pessoa que vai operar o *software* e executar o planejamento do sequenciamento das ordens de fabricação. Durante o desenvolvimento do estudo, a indicação da empresa responsável pela implantação é que se tenha dois profissionais capacitados para operar o APS, um oficial, que irá trabalhar diariamente com ele e um de reserva que na ausência do oficial, o processo não pararia.

Hoje a empresa já possui essas duas pessoas capacitadas em rotinas de PCP, não havendo a necessidade de aumento de quadro ou investimento em substituição ou capacitação desses profissionais. O treinamento de manuseio do APS está incluso no valor apresentado pela empresa detentora da tecnologia.

O *software* APS opera através de uma licença para permitir o acesso à plataforma, para tanto, é necessária adquiri-la e o valor é referente ao período de um ano de assinatura, sendo dividido em doze parcelas a serem pagas. Conforme Tabela 2, o valor total anual, incluindo

impostos é de R\$ 52.089,60, dividindo este valor por mês, seria uma mensalidade de R\$ 4.340,80.

Tabela 2 - Valor mensal licença do *software*

LICENÇAS DE USO	QTDE	ASSINATURA 1 ANO Valor Mês (R\$)
APS3003 – Opcenter ACCESS	1	1.510,00
APS1007C – Opcenter SC Ultimate (Sequenc.)	1	2.266,00
Total <i>software</i>		3.776,00
Impostos a acrescentar		564,30
TOTAL GERAL		4.340,80

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Outro custo envolvido é o desenvolvimento do algoritmo de sequenciamento e a implementação do *software* que são partes de um mesmo pacote desenvolvido pela empresa elegida detentora do APS. Esse custo é baseado nas horas necessárias para que tal trabalho seja executado. No caso da Mesal, serão necessários 320 horas de desenvolvimento e 40 horas de gerenciamento de projeto, totalizando um valor de R\$ 110.620,69 reais incluindo as taxas de impostos, conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Valor dos serviços do *software*

SERVIÇOS	QTDE (Horas)	Valor (R\$)
Serviço Consultoria / Implantação	320	84.480,00
Serviço de Gerência Projeto	40	11.760,00
Total serviços	360	96.240,00
Impostos a acrescentar		14.380,69
TOTAL GERAL		110.620,69

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Além dos valores de licença e desenvolvimento, existe uma mensalidade a ser paga para a empresa implementadora para prestação de suporte e auxílio conforme a necessidade, esse valor mensal é de R\$ 1.655,17 reais com taxas de impostos e compreende 6 horas de suporte mensal, representados na Tabela 4.

Tabela 4 - Valor do suporte mensal do *software*

SUPORTE MENSAL	QTDE (Horas)	Valor (R\$)
Suporte Mensal Configurações	6	1.440,00
Total serviços	6	1.440,00
Impostos a acrescentar		215,17
TOTAL GERAL		1.655,17

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Este é um projeto que possui um *lead time* de aproximadamente 6 meses, desde a aprovação do investimento até que ele esteja operante. O investimento na licença se faz necessário desde o ponto inicial, ou seja, esse investimento seria despendido desde o princípio bem como o custo para desenvolvimento e implementação. Diferente do custo de suporte mensal, para o qual apenas seria iniciada a cobrança a partir do aceite por parte da Mesal, informando de que o projeto foi entregue e está operando. Sendo assim, o plano orçamental é apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 - Plano Orçamental

	<i>Softwares</i> (R\$)	Serviços (R\$)	Suporte (R\$)	Total (R\$)	Impostos (R\$)	Total Geral (R\$)
MÊS 1	3.776,00	12.030,00	0,00	15.806,00	2.362,00	18.168,00
MÊS 2	3.776,00	12.030,00	0,00	15.806,00	2.362,00	18.168,00
MÊS 3	3.776,00	12.030,00	0,00	15.806,00	2.362,00	18.168,00
MÊS 4	3.776,00	12.030,00	0,00	15.806,00	2.362,00	18.168,00
MÊS 5	3.776,00	12.030,00	0,00	15.806,00	2.362,00	18.168,00
MÊS 6	3.776,00	12.030,00	0,00	15.806,00	2.362,00	18.168,00
MÊS 7	3.776,00	12.030,00	1.440,00	17.246,00	2.577,00	19.823,00
MÊS 8	3.776,00	12.030,00	1.440,00	17.246,00	2.577,00	19.823,00
MÊS 9	3.776,00	0,00	1.440,00	5.216,00	779,50	5.995,50
MÊS 10	3.776,00	0,00	1.440,00	5.216,00	779,50	5.995,50

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Portanto, do mês 1 ao mês 6 a mensalidade ficaria de R\$ 18.168,00 reais, nos meses 7 e 8 teríamos a entrada da mensalidade de suporte por projeto entregue, elevando o valor para R\$ 19.823,00 reais, até que a partir do mês 9 o custo de desenvolvimento é pago e ficamos apenas com a mensalidade fixa de R\$ 5.995,50 reais.

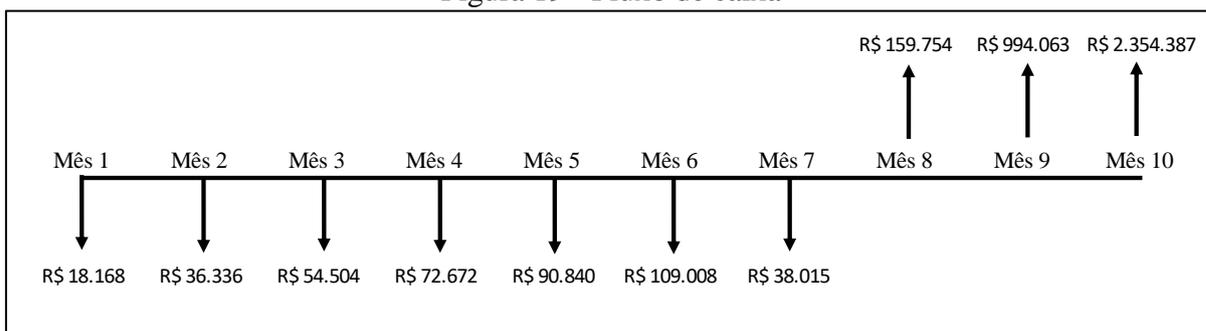
Conforme o estudo realizado pela empresa fornecedora, todo o investimento referente aos aproximadamente R\$ 110 mil reais de desenvolvimento e os aproximados R\$ 6 mil reais de mensalidade após *software* em funcionamento, serão revertidos em pelo menos 15% de redução de estoques intermediários, 20% nos tempos de *setup* e 10% dos estoques de matéria prima, tudo isso por conta de um sequenciamento e um planejamento mais assertivo.

A empresa possui um estoque de matéria-prima e um estoque intermediário de aproximadamente R\$ 4,5 milhões de reais e R\$ 3,6 milhões de reais respectivamente (dados estão aproximados por conta de a empresa não permitir o detalhamento preciso). Uma redução de 10% e 15% respectivamente aplicada sobre estes valores, resulta em R\$ 990 mil reais de redução de estoque que diminuiriam o valor do inventário geral da empresa.

Porém, como o giro de estoque da empresa acontece em média a cada 3 meses, esses ganhos seriam progressivos e não podem ser considerados desde o início da utilização do APS, considera-se que a redução de matéria-prima seja de 0% e 2% no estoque intermediário para o primeiro mês, 0% e 5% para o segundo, 5% e 15% para o terceiro mês e 10% e 15% para o quarto mês. Sendo assim, o ápice dos ganhos aconteceria no décimo mês, quando teria sido atingido os percentuais de redução estipulados pela empresa fornecedora.

O tempo médio mensal de *setup* extraído do MES é de 98.000 minutos para toda a manufatura, aplicando-se a redução de 20%, o resultado seria de um ganho de 19.600 minutos, que ao ser multiplicado pela taxa de R\$ 19,2 reais por minuto trabalhado, seriam R\$ 376.320,00 reais a mais que poderiam ser entregues mensalmente, pois o tempo de *setup* seria transformando em tempo produtivo. Esse ganho também não é direto, por conta que a empresa possui um modelo de sequenciamento que estará operante e será implementado um novo, estima-se que esse retorno será dividido em três etapas, no primeiro mês 5% de ganho, 10% no segundo e 20% no terceiro mês. O fluxo de caixa mensal para a proposta apresentada está representado na Figura 18.

Figura 19 - Fluxo de caixa



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Portanto, a partir de estabelecer o planejamento dos retornos esperados com a implantação, por conta das restrições de obter o ganho, o *payback* simples do projeto acontece a partir do oitavo mês desde o primeiro desembolso efetuado pela empresa.

Pelo fato da empresa utilizada como base do trabalho não autorizar a divulgação dos dados, não foi possível evoluir conforme o planejado para se obter uma análise econômica de forma mais aprofundada, ficando limitada apenas ao *payback* simples.

4.6 ANÁLISE E DECISÃO ESTRATÉGICA

Com o desenvolvimento das análises de viabilidade técnica e econômica, é possível executar uma relação entre as partes, com o intuito de verificar se não existe algum descompasso entre elas que inviabilize o projeto, bem como a sua aplicação.

Analisando a parte técnica em conjunto com a parte econômica, a empresa em estudo possui toda a estrutura já disponível para comportar a necessidade descrita e solicitada pela empresa fornecedora, ou seja, em questões físicas, compreendendo especificamente *hardware*, em questões de processo, levando em conta as informações disponíveis em ERP e MES. A Mesal possui apenas um ponto a ser trabalhado, a ação de separar o tempo de *setup* do tempo padrão de execução nas ordens de produção. Isso devido a um dos recursos de sequenciamento do APS ser a otimização por *setup*, mas para sanar essa necessidade, a empresa já possui um banco de dados destes tempos que é retroalimentado constantemente. Portanto, a carga de trabalho desta ação é recadastrar os tempos dos itens, podendo ser feito com a estrutura interna da empresa.

No quesito de estrutura operacional, no que diz respeito à equipe que irá cadastrar, planejar e controlar o novo processo de sequenciamento, está de acordo com o necessário, o número solicitado de pessoas já se encontra disponível, os mesmos já possuem qualificação técnica para tal função, não gerando gastos para este quesito também, apenas aplicar.

Os cálculos econômicos realizados apresentam um cenário positivo quanto à redução de tempos e desperdícios durante a execução das ordens de produção. Essas reduções podem ser revertidas em ganhos em pelo menos dois cenários: o primeiro no sentido de produzir mais com os mesmos recursos, acarretando em uma produtividade maior por operador e um resultado melhor, ou um segundo cenário, onde pode-se produzir o mesmo, reduzindo o número de operadores, reduzindo a folha de pagamento da empresa e consequentemente aumentando os lucros.

Outro fator que a análise econômica evidencia é que, com a redução dos estoques, o valor que antes seria destinado ao setor de compras, com o intuito de manter material em estoque, que por muitas vezes se encontra parado, irá diminuir e com isso esse valor pode ser destinado para um investimento dentro da organização ou para um melhor fluxo de caixa, aumentar a saúde financeira da organização.

Levando todas essas análises de investimento *versus* retorno e relacionando com o posicionamento estratégico da empresa, o projeto foi aceito pela direção e visto como ponto viável de investimento. Além das questões de retorno financeiro, o fato da inteligência de sequenciamento ficar sob domínio da empresa e não mais a cargo das pessoas, foi visto como uma segurança para sustentabilidade do futuro da organização e, além disso, o fato da confiabilidade maior para se fornecer um prazo de entrega mais assertivo para os clientes, gerando uma melhor imagem da empresa no mercado, resultando em fortalecimento da marca.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho tinha por objetivo a análise da viabilidade técnica e econômica para se implantar um *software* APS em uma empresa de produto não seriado, utilizando como base de estudo a Mesal Máquinas e Tecnologias Ltda. Devido ao cenário produtivo complexo de uma empresa de produto não seriado, onde são evidenciados diferentes fluxos ocorrendo simultaneamente e uma verticalização grande do processo, foi proposta a implantação de uma ferramenta baseada em capacidade finita que tem por finalidade a elaboração de um sequenciamento de ordens de produção baseada em premissas e restrições, com o intuito de atender estes fluxos no devido tempo necessário, gerando o menor esforço e custo possível para a organização.

Com o desenvolvimento da análise, foi possível avaliar que existe uma condição mínima que as empresas devem apresentar, em termos de estrutura, antes de se adotar um sistema APS para o seu processo de sequenciamento de fábrica. É de suma importância que se tenha um sistema ERP operante, onde se possua ordens de fabricação com níveis derivados da estrutura de produto, contendo as informações de cada operação de fabricação, bem como os tempos que se leva para executar cada uma dessas operações.

Tendo essas informações disponíveis, o *software* é desenvolvido para atender a necessidade de cada empresa, pois cada uma possui uma particularidade no seu processo de fabricação e conta com restrições que acabam limitando a produtividade. Baseado nessas condições, os programadores do *software* o modelam de tal forma que ele consiga captar esses pontos e entregar um resultado de sequenciamento que realmente reduza os desperdícios do processo produtivo, os *lead times* e os atrasos.

O APS se mostrou tecnicamente viável para a empresa em estudo, pois o cenário da mesma é favorável para receber o *software*, o esforço necessário para implementar é relativamente baixo, necessitando apenas criar um *link* para acessar as informações existentes no MES e ERP. Outro fator técnico que gera pontos positivos a fim de viabilizar, é o fato da *expertise* do sequenciamento ficar sob domínio da empresa e não mais de alguns profissionais da empresa, gerando assim, uma sustentabilidade maior do negócio.

Olhando pelo âmbito econômico, o custo da implantação em comparativo com o investimento planejado, apresentou um retorno positivo, obtendo o *payback* simples no oitavo mês e um ganho na casa dos R\$ 2,3 milhões de reais, considerando 10 meses. Esses ganhos são resultado das possibilidades de reduções de desperdícios do processo, como exemplo, os tempos

de *setup*, estoque intermediário e estoque de matéria-prima. Com isso, o valor que seria desembolsado para esses fins, pode ser revertido em investimentos dentro da organização.

A implantação de um sistema APS é focado para se executar um sequenciamento de operações decorrentes uma das outras, com a finalidade de uma entrega final, seja ela um equipamento, um carro ou um navio, de forma que essas operações sejam analisadas de forma mais técnica, se atentando às restrições do processo e às premissas de entrega. Comparando o trabalho apresentado com o descrito por Nam, Shen, Ryu e Shin (2018), os ganhos com a otimização de recursos humanos e materiais, analisado por este viés, levam a um resultado positivo em relação ao processo convencional de análise, salientando as ineficiências que no modo convencional são cometidas sem se ter o conhecimento do todo, portanto, se tornam parte fundamental do processo, a fim de se obter o sucesso do projeto e até mesmo do resultado da organização.

A elaboração deste trabalho se limitou à avaliação de uma empresa específica como cenário de estudo, podendo divergir em relação a alguma outra organização que apresente um sistema produtivo diferente ou atue em um outro segmento com características diferentes. Foi evidenciado também que a organização se mostrava apta para receber a implantação do *software* APS, levando em conta sua estrutura técnica atual, podendo não refletir o cenário de outra empresa, onerando um investimento maior para adequá-la e obter o resultado proposto.

Com isso, sugere-se expandir este estudo para outras empresas que apresentem as características de produzir um produto não seriado, pelo fato da análise ter se destinado a este tipo de organização, visto que ainda existe uma baixa adesão por elas, por conta da complexidade que apresentam. Expandindo esta análise, pode-se aumentar o grau de precisão das informações evidenciando ainda mais a viabilidade, estimulando a implantação deste sistema avançado de sequenciamento da produção, gerando um desenvolvimento maior nas empresas mencionadas anteriormente. A análise de viabilidade da implantação do APS pode ser expandida além do retorno financeiro que a empresa irá obter, como apresentado neste trabalho e utilizar ferramentas matemáticas para tomada de decisão, avaliando multicritérios de forma ponderada.

REFERÊNCIAS

- BEZERRA, Cícero Aparecida. **Técnicas de planejamento, programação e controle da produção**: Aplicações em planilhas eletrônicas. Curitiba: Intersaberes, 2012. Disponível em: <<https://plataforma.bvirtual.com.br/Acervo/Publicacao/3801>>. Acesso em: 30 mar. 2022.
- BEZERRA, Cícero Aparecida. **Técnicas de planejamento, programação e controle da produção e introdução à programação linear**. Curitiba: Intersaberes, 2014. Disponível em: <<https://plataforma.bvirtual.com.br/Acervo/Publicacao/6598>>. Acesso em: 30 mar. 2022.
- CAIÇARA JUNIOR, Cicero. **Sistemas Integrados de Gestão: ERP**: uma abordagem gerencial. Curitiba: Intersaberes, 2015. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br/Acervo/Publicacao/30705>. Acesso em: 04 Abr. 2022.
- CARDOSO, Wagner. **Planejamento e Controle da Produção (PCP)**: a teoria na prática. São Paulo: Editora Blucher, 2021. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786555062427/>>. Acesso em: 11 Mai. 2022.
- CASAROTTO FILHO, Nelson. **Análise de Investimentos**: manual para solução de problemas e tomadas de decisão. São Paulo: Grupo GEN, 2019. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597023299/>. Acesso em: 11 dez. 2022.
- CAMARGOS, Marcos Antônio D. **Matemática financeira**: Aplicada a produtos financeiros e à análise de investimentos. São Paulo: Editora Saraiva, 2017. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788502207615/>. Acesso em: 10 dez. 2022.
- CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A.; **Administração de Produção e Operações**, 4. ed. São Paulo: Grupo GEN, 2017. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597013153/>>. Acesso em: 05 Mai. 2022.
- DOS SANTOS, Agnaldo Ferreira. et al. **Planejamento e Controle de Produção**. Porto Alegre: Grupo A, 2020. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786556900735/>>. Acesso em: 05 Mai. 2022.
- HIGUCHI YANAZE, Mitsuru; FREIRE, Otávio; SENISE, Diego. **Retorno de Investimento em Comunicação**: avaliação e mensuração, 2. ed. São Paulo: Editora Difusão, 2013. Disponível em: <<https://plataforma.bvirtual.com.br/Leitor/Publicacao/164123/>>. Acesso em: 24 Nov. 2022.
- HOPP, W.J.; SPEARMAN, M.L. **A ciência da fábrica**. Porto Alegre: Grupo A, 2013. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788565837347/>>. Acesso em: 11 Mai. 2022.
- KAPULIN, D V; A RUSSKIKH, P. Analysis and improvement of production planning within small-batch make-to-order production. **Journal Of Physics: Conference Series**, [S.L.], v. 1515, n. 2, p. 022072, 1 abr. 2020. IOP Publishing.

- NETO, Jocildo C. **Elaboração E Avaliação De Projetos De Investimento**. São Paulo: Grupo GEN, 2009. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595155251/>. Acesso em: 10 dez. 2022.
- NOSKOVA, E e; KAPULIN, D V; A RUSSKIKH, P. Investigation synchronous planning methods efficiency in small-batch make-to-order production. **Journal Of Physics: Conference Series**, [S.L.], v. 2094, n. 4, p. 042032, 1 nov. 2021.
- PARANHOS FILHO, Moacyr. **Gestão da Produção Industrial**. Curitiba: Intersaberes, 2012. Disponível em: <<https://plataforma.bvirtual.com.br/Acervo/Publicacao/6028>>. Acesso em: 23 mar. 2022.
- RITZMAN, Larry P.; KRAJEWSKI, Lee J.; **Administração da produção e operações**. São Paulo: Pearson, 2003. Disponível em: <<https://plataforma.bvirtual.com.br/Acervo/Publicacao/681>>. Acesso em 07 Abr. 2022.
- SANTOS, Adriana de Paula Lacerda. **Planejamento, programação e controle da produção**. Curitiba: Intersaberes, 2015. Disponível em: <<https://plataforma.bvirtual.com.br/Acervo/Publicacao/31404>>. Acesso em: 25 mar. 2022.
- SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistaire; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**, 8. ed. São Paulo: Grupo GEN, 2018. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597015386/>>. Acesso em: 02 Mai. 2022.
- SOUZA, Alceu. **Decisões financeiras e análise de investimentos: Fundamentos, Técnicas e Aplicações**. São Paulo: Grupo GEN, 2008. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597023466/>. Acesso em: 12 dez. 2022.
- TUBINO, Dalvio Ferrari. **Planejamento e Controle da Produção: teoria e prática**, 3. ed. São Paulo: Grupo GEN, 2017. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597013726/>>. Acesso em: 14 Abr. 2022.