

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
**Fernando Henrique Pereira**  
**Frederico José da Silva Rego**

**APLICAÇÃO DE ALGORITMOS E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL**  
**NA GESTÃO DE DEMANDA**

**Taubaté – SP**

**2017**

**Fernando Henrique Pereira  
Frederico José da Silva Rego**

**APLICAÇÃO DE ALGORITMOS E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL  
NA GESTÃO DE DEMANDA**

Trabalho de Graduação, modalidade de Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté para obtenção do Título de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica.

Orientadora: Profa. Dra. Miroslava Hamzagic  
Co-orientador: Prof. Msc. Fábio Henrique  
Fonseca Santejani

**Taubaté – SP  
2017**

**Fernando Henrique Pereira  
Frederico José da Silva Rego**

**APLICAÇÃO DE ALGORITMOS E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL  
NA GESTÃO DE DEMANDA**

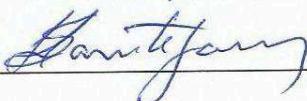
Trabalho de Graduação, modalidade de Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté para obtenção do Título de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica.

**Data: 16 de Novembro 2017**

**Resultado:** APROVADO

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Prof. Msc. Fábio Henrique Fonseca Santejani                      Universidade de Taubaté

Assinatura 

Prof. Prof. Msc. Ricardo Mendrot    Universidade de Taubaté

Assinatura 

**Ficha Catalográfica elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado  
de Bibliotecas / UNITAU - Biblioteca das Engenharias**

R343a Rego, Frederico José da Silva  
Aplicação de algoritmos e simulação computacional na  
gestão de demanda. / Frederico José da Silva, Rego,  
Fernando Henrique Pereira. - 2017.

79f. : il; 30 cm.

Monografia (Graduação em Engenharia de Produção  
Mecânica) – Universidade de Taubaté. Departamento de  
Engenharia Mecânica e Elétrica, 2017

Orientação: Profa. Dra. Miroslava Hamzagic,  
Coorientação: Prof.Me. Fábio Henrique Fonseca  
Sertejani, Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica.

1. Gestão de demanda. 2. PPCP. 3. Gestão de carteira  
de pedidos. 4. Indústria 4.0. 5. Algoritmos. I. Título.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos à Deus primeiramente por se fazer presente nessa caminhada, nas diversas formas, que inegavelmente contribuíram para a realização desse sonho.

Às nossas famílias e amigos pela compreensão e suporte dado durante o desafio da graduação, importantes para o sucesso de qualquer desafio.

A Prof.<sup>a</sup> Dra. Miroslava Hamzagic e Prof. Msc. Fábio Henrique Fonseca Santejani, por todo apoio cedido num período laborioso, seus ensinamentos além de uma orientação de trabalho de graduação, foram ensinamentos para a vida.

Ao time de planejamento da usina siderúrgica da região objeto de estudo, que se mostrou interessada em participar do presente trabalho, fornecendo informações cruciais para a realização do mesmo.

E finalmente, a todos que direta ou indiretamente contribuíram na conquista dessa graduação. Nosso muito obrigado!

## RESUMO

A proposta deste estudo é contribuir para a sapiência da gestão da demanda, com dados originados de dentro de uma empresa de grande porte, a qual pressupõe-se possuir um alto volume de informações a processar dentro de um universo finito de possibilidades. O pressuposto adotado é verificar se o alto volume de informação a se gerir pode impactar na performance de execução efetiva de cada pedido e que medidas são mais viáveis a se tomar mediante o cenário. Assim, esse estudo procura evidenciar as vantagens do emprego de algoritmos e simulações computacionais na gestão de ordens de venda e de produção e na formação de raciocínio para tomada de decisões no planejamento. Utilizando o método do estudo de caso, foi conduzida uma pesquisa exploratória em uma grande organização multinacional, na qual procurou-se analisar o papel desempenhado pela área de Gate Industrial, uma célula dentro do *SCM – Supply Chain Management* ou Gestão da Cadeia de Suprimentos, bem como observou-se os instrumentos e critérios utilizados para mensurar os resultados das áreas produtivas. Considerando-se as limitações impostas pelo método de pesquisa escolhido, foi possível efetuar algumas constatações importantes, relacionadas à interação de uma área de planejamento com as demais de uma organização. Embora a criação e emprego de ferramentas, por meio da utilização de lógicas computacionais, tenham um bom aceite e efeitos desejáveis, o fator analítico do processo não perde seu cunho decisório.

**Palavras-chave:** Gestão de Demanda, PPCP, Gestão de Carteira de Pedidos, Simulação Computacional, Algoritmos, Indústria 4.0.

## **ABSTRACT**

The goal of this study is contribute to the demand management theories, with sourced datas from a great company, which it is supposed to possess a high amount of informations to be processed, on a finite scenario of possibilities. The adopted assumption is to verify if the high amount of information to deal with, creates impacts in the effective performance of execution of each client order and what are the most suitable decisions to be chosen in relation to each presented situation. Thus, the study seeks clarify the advantages of using algorithms and simulations to improve the reasoning for decisions making in planning. Using the case study method, it was conducted an exploratory survey on a multinational organization, in the planning department, a part of the SCM – Supply Chain Management and also, it was observed the measure methods used to evaluate the productive areas results. Considering the imposed limitations by the selected method of study, it was possible making important considerations, related to the interaction between the planning area with all the others areas around. Although the creation and use of tools, using computational algorithms, be well accepted and expected effects, the analytical factor of process does not loses is importance and decision-making

**Key words:** Demand Management, Production Control, Sales Orders Management, Computational Simulation, Algorithms, Industry 4.0.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produtividade teórica de ciclos de tratamento térmico .....	48
Tabela 2 - Carteira de pedidos .....	49
Tabela 3 - Informação de atraso no relatório gerencial .....	51
Tabela 4 - Distribuição do atraso na carteira do período.....	52
Tabela 5 - Regras de pontuação definida no PFMEA .....	54
Tabela 6 - Tempo de troca entre bitolas dos produtos .....	62
Tabela 7 - Modelo de programação objetivando menor tempo de troca de ferramentas .....	63
Tabela 8 - Exemplo de programação por atendimento .....	63
Tabela 9 - Atraso gerado por tipo de programação .....	69
Tabela 10 - Fechamento atraso Julho .....	70
Tabela 11 - Fechamento atraso Agosto .....	70

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Tendências comuns em métodos qualitativos.....	29
Quadro 2 - Tipos de Pesquisa.....	34

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - O Sistema de PPCP na administração da produção.....	17
Figura 2 - Contribuição da estratégia de operações.....	18
Figura 3 - Prazos, Atividade e objetivos para a tomada de decisão nas empresas ..	20
Figura 4 - Desenho esquemático do planejamento de necessidades de materiais (MRP).....	22
Figura 5 - Abrangência do MRP e do MRP II.....	22
Figura 6 - Esquema de funcionamento de um sistema MRP II.....	23
Figura 7 - Evolução dos sistemas MRP ao ERP.....	24
Figura 8 - Visão geral de um EPR.....	25
Figura 9 - Principais elementos da gestão da demanda.....	26
Figura 10 - Características de uma série temporal.....	30
Figura 11 - Ciclo PDCA de controle de processos.....	36
Figura 12 - Desenvolvimento em ambiente VBA.....	37
Figura 13 - Exemplo de um diagrama de Pareto.....	39
Figura 14 - Distribuição do atraso.....	44
Figura 15 - Fluxograma do processo.....	45
Figura 16 - Fluxo S&OP.....	46
Figura 17 - Fluxo de determinação da data acordada.....	47
Figura 18 - Previsão da demanda.....	50
Figura 19 - Esquema de análise para o aceite de inclusões.....	50
Figura 20 - Diagrama de Pareto - Distribuição do atraso.....	52
Figura 21 - Árvore de causas abreviada.....	53
Figura 22 - PFMEA - Análise dos Modos de Falhas.....	55
Figura 23 - PFMEA - Análise Modo de Falha - Pós ações.....	55
Figura 24 - Relatório de atraso.....	56
Figura 25 - Fluxo dos dados.....	59
Figura 26 - Fluxo de configuração da ferramenta de simulação.....	60
Figura 27- Rotina de verificação das datas e tonelagem das ordens de venda.....	61
Figura 28 - Interface da ferramenta de programação.....	64
Figura 29 - Gráfico de capacidade disponível do período.....	65
Figura 30 - Gráfico de capacidade e ocupação projetada.....	66
Figura 31 - Simulação de cenário com aumento de capacidade.....	66
Figura 32 - Simulação de cenário com movimentação de carteira.....	67
Figura 33 - Interface e atraso inicial.....	68
Figura 34 - Diminuição da quantidade de ton. em atraso - Janeiro a Agosto.....	71

## Lista de Siglas

APICS	<i>American Production and Inventory Control Society</i>
BOM	<i>Bill of material</i> (Lista de Materiais)
DFMEA	<i>Design Failure Modes and Effects Analysis</i> (Produto - Análise Modal do modo de Falhas, seus Efeitos e Criticidade).
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i> (Planejamento dos recursos da empresa)
FMEA	<i>Failure Modes and Effects Analysis</i> (Análise Modal do modo de Falhas, seus Efeitos e Criticidade).
LME	Limite Máximo Esperado
MES	<i>Manufacturing Execution System</i> (Sistemas de Execução da Manufatura)
MRP	<i>Material Requirement Planning</i> (Planejamento de Necessidade de Materiais)
MRPII	<i>Manufacturing Resources Planning</i> (Planejamento dos Recursos de Manufatura ou Planejamento dos Recursos de Produção)
PDCA	<i>PLAN - DO - CHECK - ACT ou Adjust</i> (Planejar-Fazer-Verificar-Agir)
PFMEA	<i>Process Failure Modes and Effects Analysis</i> (Processo - Análise Modal do modo de Falhas, seus Efeitos e Criticidade.)
PPCP	Planejamento, Programação e Controle da Produção
QM	Controle de Qualidade
RPN	Risk Priority Number (Numero de prioridade de risco)
S&OP	<i>Sales and Operations Planning</i> (Vendas e planejamento das operações)
SAP	<i>Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung</i> (Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados)
SCM	<i>Supply Chain Management</i> (Gestão da cadeia de suprimentos de negócios)
TOTO	Tratamento Térmico
VBA	<i>Visual Basic for Applications</i> (implementação do Visual Basic da Microsoft)

## Sumario

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1 OBJETIVO GERAL.....	12
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
1.3 PROBLEMA.....	13
1.4 RELEVÂNCIA DO ESTUDO.....	13
1.5 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO .....	13
1.6 METODOLOGIA.....	14
1.7 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	14
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>15</b>
2.1 HISTÓRIA DA ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO .....	15
2.2 ATENDIMENTO AO CLIENTE .....	16
2.3 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO.....	18
2.4 MRP- PLANEJAMENTO DE NECESSIDADES MATERIAIS .....	20
2.5 MRP II - PLANEJAMENTO DE RECURSOS DE PRODUÇÃO.....	22
2.6 ERP - SISTEMAS INTEGRADOS DE GESTÃO.....	24
2.7 GESTÃO DE DEMANDA.....	25
2.8 MÉTODOS DE PREVISÃO DE DEMANDA .....	27
2.9 MÉTODOS QUALITATIVOS .....	28
2.10 MÉTODOS QUANTITATIVOS.....	29
2.11 INDÚSTRIA 4.0 .....	30
<b>3 METODOLOGIAS DE PESQUISA.....</b>	<b>32</b>
3.1 CLASSIFICAÇÃO DOS MÉTODOS DE PESQUISA .....	32
3.2 ESTUDO DE CASO.....	35
3.3 PDCA E MELHORIA CONTÍNUA.....	35
3.4 EXCEL COM VBA .....	37
3.5 BRAINSTORMING .....	38
3.6 GRÁFICO DE PARETO.....	38
3.7 FMEA (Failure Modes and Effects Analysis) .....	39
<b>4 DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>43</b>
4.1 O PROBLEMA .....	43
4.2 FLUXO GERAL DO PROCESSO .....	44
4.3 PLANEJAMENTO DA DEMANDA .....	45
4.4 HORIZONTES E DISPONIBILIDADES .....	46
4.5 CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS E APRAZAMENTO .....	47
4.6 MONTAGEM DA CARTEIRA DE PEDIDOS .....	49
4.7 MEDIÇÃO INICIAL DO NÍVEL DE ATENDIMENTO AO PRAZO .....	51
4.8 MAPEAMENTO E SELEÇÃO DE CAUSAS .....	53
4.9 ELABORAÇÃO DA ROTINA EM VBA.....	57
4.10 FERRAMENTA DE PROGRAMAÇÃO .....	61

<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>65</b>
5.1	SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS .....	65
5.2	FERRAMENTA DE PROGRAMAÇÃO .....	67
5.3	MEDIÇÃO INICIAL DO NÍVEL DE ATENDIMENTO AO PRAZO (APÓS) .....	70
<b>6</b>	<b>Conclusões.....</b>	<b>72</b>
	<b>Referências.....</b>	<b>74</b>

# 1 INTRODUÇÃO

O estudo de administração da produção possibilita uma variedade de conteúdo sobre o qual pode-se desenvolver teorias, estudos de casos, projetos diversos. A necessidade de materiais para uma cadeia produtiva, é uma variável existente na gestão da produção e o conceito do cálculo dessa necessidade é simples e conhecido já algum tempo (CORRÊA, GIANESI e CAON, 2007), isto posto, relacionar demanda por materiais à uma data prazo, torna-se uma lógica razoável.

Os modelos de previsão de demanda conhecidos, embora deem subsídio aos gerentes na tomada de decisão mais eficaz e eficiente, ainda deve-se levar em consideração que nenhum modelo de previsão é perfeito. A previsão da demanda pode ser classificada em três categorias gerais: - qualitativa, análise de séries temporais e modelos causais (DAVIS, AQUILANO e CHASE, 2001).

O planejamento agregado, são basicamente planos de médio prazo de como produzir durante as semanas seguintes: utilizar plenamente a força de trabalho, não ultrapassar a capacidade das máquinas, despachar os pedidos para o cliente dentro do prazo, minimizar os custos do trabalho em horas extras e de manutenção de estoque, são exemplos de considerações a se fazer num planejamento agregado (GAITHER, FRAZIER, 2008) e por consequência objetivar a geração do lucro, por meio de uma gestão ideal das variáveis existentes num sistema de planejamento da produção.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desse trabalho é identificar as áreas, de uma Usina Siderurgia Multinacional de grande porte localizada no Vale do Paraíba, com maior necessidade de agilidade na gestão de informações, verificar a possibilidade do emprego de algoritmos e simulação computacional e comparar os cenários de gestão de ordens de venda em atraso, antes e depois do emprego das ferramentas.

## **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Apresentar a importâncias das atividades de PPCP;
- Apresentar os conceitos relevantes na área;
- Apresentar a importância da interação da área de planejamento com as demais áreas da organização.
- Apresentar a importância da gestão eficiente das informações dentro de uma célula de PPCP;
- Desenvolver uma Ferramenta para gestão de Informações.

## **1.3 PROBLEMA**

Existe a possibilidade de empregar algoritmos e simulação computacional em processos da área de PPCP, do qual demandam uma rápida resposta de reação frente ao cenário apresentado?

## **1.4 RELEVÂNCIA DO ESTUDO**

A interação eficiente da área de PPCP com as demais áreas de uma cadeia produtiva evita impactos relevantes nos aspectos econômicos da organização, por essa razão esse estudo se faz relevante.

## **1.5 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO**

Esse trabalho vai analisar a relação da gestão eficiente das informações numa célula de PPCP com o volume de ordens de venda em atraso, especificamente numa usina siderúrgica, localizada no Vale do Paraíba, interior do estado de São Paulo.

O estudo foi realizado nos municípios de Taubaté, na Universidade de Taubaté e Pindamonhangaba na planta da Empresa em foco, localizados na região do Vale do Paraíba do Estado de São Paulo. Os resultados apresentados refletem dados em um determinado período, de janeiro de 2017 a setembro de 2017.

Esta pesquisa irá contribuir com o estudo dos métodos de gestão da demanda, uma vez que evidencia a possibilidade do emprego de métodos que viabilizam uma

resposta rápida frente aos obstáculos existentes num horizonte de incertezas no planejamento e uma maior capacidade de interação de uma célula de PPCP com as demais áreas de uma fábrica, por meio da entrega de informação.

## **1.6 METODOLOGIA**

A metodologia centrou-se na obtenção e análise dos dados referentes ao aprazamento da demanda, análise de campanhas de laminação mediante necessidade, criação de ordens de produção, importação do programa de produção e acompanhamento de execução de programa por meio de um sistema integrado de administração da produção, SAP, MES, Broner e emprego de linguagem de programação VBA (*Visual Basic for Applications*) para manipulação das informações.

## **1.7 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO**

Este trabalho está estruturado em 5 (cinco) capítulos, de forma que a sequência das informações ofereça um perfeito entendimento de seu propósito.

No Capítulo 1, apresenta-se uma introdução abordando questões como gestão de demanda, ainda trata dos objetivos, da importância do tema, da delimitação do local onde o estudo foi desenvolvido e como está organizado.

O Capítulo 2 trata da revisão de literatura, necessária para fundamentar a pesquisa, acerca de temas como cronologia dos conceitos estudados, como: PPCP, sistemas de administração da produção, gestão de demanda e processamento de pedidos.

O Capítulo 3 trata da metodologia utilizada para fomentar esse objeto de estudo.

O Capítulo 4 trata do desenvolvimento, analisando os dados obtidos em campo, confrontando-os com conceitos atualmente disponíveis.

No Capítulo 5 são realizadas as conclusões e sugestões para futuros estudos.

E por fim, as referências.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 HISTÓRIA DA ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO

Até o final do século XVIII em todos os países a atividade predominante era a agricultura. O que conhecemos hoje como produção não existia, o homem usava de sua habilidade para transformar um bem tangível em um outro com maior utilidade, esta transformação era uma atividade de produção. Porém essa atividade sempre foi realizada para consumo próprio, não existia a comercialização destes objetos transformados, com o passar do tempo foram surgindo algumas pessoas que se mostravam mais habilidosas que outras na produção de recursos. Os indivíduos que possuíam habilidades se tornavam artesãos, onde produzia-se apenas mediante encomenda, com prazos, prioridade e preços, essa forma foi denominada produção organizada (DAVIS, AQUILANO e CHASE, 2001).

A forma de produção artesanal não possuía padronização dos produtos, muito menos um processo de fabricação. O processo de artesanato acabou sendo substituído pela revolução industrial, em 1764 por James Watt, com a máquina a vapor que substituiu a força do homem pela da máquina, a qual incentivou o surgimento da produção em massa de produtos padronizados, um processo de fabricação que possibilitava produzir de forma sequenciada e ágil. A forma de produzir, precisava de requisitos como mão de obra especializada e treinada, modernização de técnicas de planejamento, controle da produção, controles econômicos quanto a compra de matéria-prima e venda de produtos. Com o passar do tempo novas formas de produção começaram a surgir, Henry Ford em 1910, desenvolveu um novo conceito de linha de montagem, inovando os métodos e processos produtivos que existentes até então. Essa forma de produção possibilitava produzir em grande volume e com pouca variação, conceito denominado linha de produção em massa (MARTINS; LAUGENI, 2005).

A criação de Henry Ford ofereceu um crescimento exponencial da produtividade e da qualidade. No Brasil, em 1996, havia fabricas automobilísticas que produziam 1800 automóveis por dia, um media de 1,25 automóveis por minuto. Nos dias atuais usa-se conhecidas técnicas de produção enxuta, utilizando conceitos como o *just-in-time*, engenharia simultânea, tecnologia de grupo, consórcio modular, células de

produção, desdobramento da função qualidade, *comarkanship*, sistemas flexíveis de manufatura, manufatura integrada por computador e *benchmarking* (MARTINS; LAUGENI, 2005).

As organizações para se tornarem empresa de classe mundial, focam seus esforços para o cliente, se tornando cada vez mais flexíveis e customizáveis, no entanto, para estar a par de seus concorrentes não devem abandonar a forma de produção enxuta. As empresas de classe mundial têm a tarefa de implementar em toda a estrutura organizacional uma cultura de melhoria contínua (MARTINS; LAUGENI, 2005).

## **2.2 ATENDIMENTO AO CLIENTE**

Uma estratégia consiste-se de um engajamento com a ação, ações que levam os gestores a uma tomada de decisão estratégica. Estas decisões podem: ter um efeito amplo no ambiente, indicar a localização da organização em um ambiente competitivo e encaminhar a organização a seus objetivos. Portanto uma estratégia se trata de todas ações e decisões que direcionam a organização a seu ambiente competitivo, com pretensão no alcance dos objetivos (SLACK *et al*,1997).

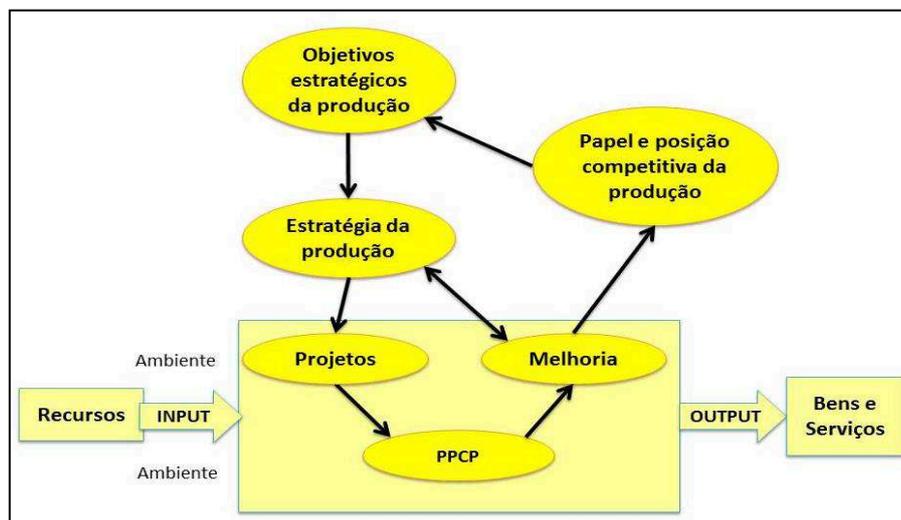
No passado, momento por onde o mundo passava por guerras, as organizações tinham como intuito produzir em grandes quantidades e de forma padrão, atentando-se somente para o custo de produção, pelo motivo no qual os países mundiais que eram competidores estavam quebrados com a guerra. O mais importante para as empresas era mão-de-obra especializada, baixo custo e linha de montagem que produzia em grandes quantidades (DAVIS, AQUILANO E CHASE, 2001).

Desta forma não existia uma concorrência global, e isso gerava uma grande demanda contínua e a gestão da produção tinha a função somente de reduzir custos, este pensamento durou até o início dos anos 60. Porém Wickham Skinner, o fundador da estratégia de produção, apresentou uma proposta para as organizações, de que elas deveriam criar uma estratégia de produção que englobasse as estratégias de marketing e de finanças. Outros Pesquisadores posteriores a Skinner, destacaram a importância dos setores, instalações e pessoas unificarem suas forças como um recurso de competitividade no mercado (DAVIS, AQUILANO E CHASE, 2001).

Na atualidade as companhias buscam através do planejamento estratégico da produção potencializar os frutos de uma produção e minimizar os riscos nas tomadas de decisões, tendo em vista que as decisões tomadas pelos diretores geram um impacto de longo prazo e afetam diretamente a empresa ao atendimento de sua missão. Para realização de uma gestão estratégica a companhia precisa compreender suas forças e fraquezas de modo que possa adquirir vantagem competitiva em relação as outras empresas do ramo, usufruir das oportunidades que levem a ganhos (TUBINO, 2007).

Como na Figura 1 a estratégia de produção pode ser entendida como *elementos estruturais* que são os processos, a união vertical entre departamentos e a posição da fábrica, e pode ser entendida como *elementos infra estruturais* como os poderes e grandeza da empresa, também demandas sobre o planejamento e controle, a qualidade e a formação organizacionais. A composição da estratégia de produção é realizada com base nas prioridades competitivas da empresa, que são o baixo custo, entrega ágil, maleabilidade, alta qualidade e atendimento (DAVIS, AQUILANO E CHASE, 2001).

**Figura 1 - O Sistema de PPCP na administração da produção**



**Fonte: Slack et al, p.30 (1997)**

“A chave para o desenvolvimento de uma estratégia de produção efetiva está em compreender como criar ou agregar valor para os clientes” (DAVIS, AQUILANO E CHASE, p. 43 2001).

Logo, conforme Figura 2, as unidades através da estratégia de produção devem colaborar com as outras unidades superiores para alcançar os objetivos, não abandonando as carências de seus clientes e fornecedores internos. Nenhum setor da organização irá atender as metas estratégicas da firma, sem que haja uma contribuição entre as unidades. Desta forma a estratégia de operações tem dois intuitos: auxiliar de forma direta para os objetivos estratégicos da próxima unidade superior e contribuir para outros setores do negócio apoiar a estratégia (SLACK, N *et al.*,1997).

**Figura 2 - Contribuição da estratégia de operações.**



Fonte: Slack *et al*, p. 92 (1997)

### 2.3 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

O setor de Planejamento, Programação e Controle da Produção de uma empresa é uma área de extrema relevância para uma organização, pois se a empresa planeja bem a sua produção ela irá gerar receitas para as demais funções e para se manter no mercado. O PPCP se torna importante para suprir as organizações quanto ao atingimento dos objetivos estratégicos e tomada de decisão, tem como objetivo orientar e dirigir a produção através do: planejamento de demanda da organização, informar a quantidade de materiais necessários, expor a necessidade da administração dos estoques, situar ao gestor a utilização das capacidades de forma inteligente, revelar a capacidade quanto a promessa de prazo e cumprimento dos

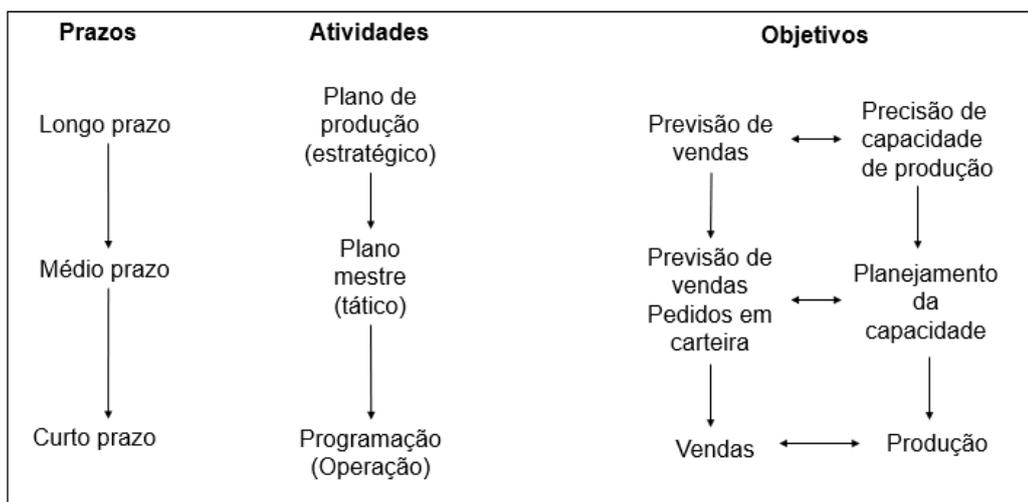
mesmos, possibilitar a reação rápida da variação de demanda entre outros (CORRÊA, GIANESI, CAON, 2008).

Para otimização do PPCP, se torna interessante o conhecimento dos sistemas, uma vez que o PPCP é essencial para estratégia de produção de uma organização. Como o objetivo atual é de cada vez mais produzir maior volume com menos custos, o sistema de PPCP é um setor existente para auxiliar aos gestores na tomada de decisão na área de produção, contribuindo através do planejamento e controle de recursos do processo. Os sistemas transformam para o gestor as informações que o auxiliam por exemplo na aceitação de pedidos de ordens de fabricação, de forma que o sistema automaticamente avalia os estoques existentes, vendas já acordadas, o modo de como se produz e principalmente a capacidade dos equipamentos e da mão de obra propiciando ao gestor a capacidade de lidar com essas informações de forma vantajosa para a organização (MARTINS, LAUGENI, 2005).

Planejar é entender como a consideração conjunta da situação presente e da visão de futuro influencia as decisões tomadas no presente para que se atinjam determinados objetivos futuro (CORRÊA, GIANESI, CAON, 2008).

TUBINO (2009), nos mostra que as empresas são avaliadas como um conjunto de processos que transforma insumos em produtos pertinentes ao cliente, denomina-se esse processo de sistema de produção. Para a transformação de insumos em produtos, a produção precisa ser estudada considerando o prazo e de acordo com os prazos realizar os planos e ações necessárias para a produção de acordo com a Figura 3. Em um horizonte de planejamento define-se os prazos como sendo de longo, médio e curto prazo. Cada prazo deve ser analisado em seu nível para definir atividades necessárias e objetivos.

**Figura 3 - Prazos, Atividade e objetivos para a tomada de decisão nas empresas**



Fonte: TUBINO (2009) adaptado pelo autor

## 2.4 MRP- PLANEJAMENTO DE NECESSIDADES MATERIAIS

Atualmente os funcionários das organizações devem conhecer todo o processo para obtenção de bens e serviços, reconhecer todos os recursos necessários e gerenciar esses recursos. Para isso existe o cálculo de matérias, onde sistema prevê as necessidades de materiais e o disponibiliza na hora correta, para que não falte e tão menos sobre demais no processo (CORRÊA, GIANESI, CAON, 2008).

O planejamento leva em conta desde o início, quais são os materiais necessários para fabricar certo produto, leva em consideração a quantidade de matérias necessários em função da quantidade de produtos que se espera fabricar, não esquecendo das possíveis variações de demanda e realiza o pedido de compra de materiais antecipadamente. O planejamento distribui essa gestão de forma que, quando o produto começa a ser produzido sua matéria prima ou subproduto esteja disponível no local de processo (CORRÊA, GIANESI, CAON, 2008).

Para Davis *et al* (2001) o MRP não é um conceito recente, dados nos diz que romanos já utilizavam esse conceito em suas concepções como por exemplo em construções, na construção da muralha os chineses usavam esse planejamento entre outros exemplos do uso, os responsáveis por certas construções de grande porte planejavam uma lista de materiais. E atualmente na era computadorizada, o que se torna novidade é o uso do MRP como um sistema, por organizações que produzem

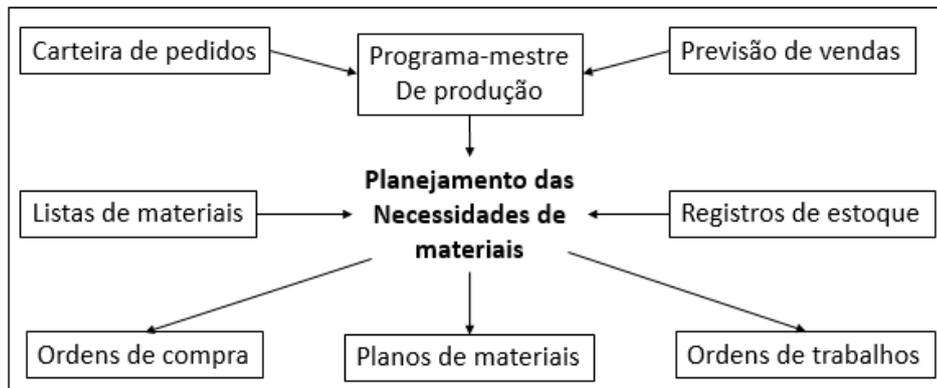
diversos produtos, produtos dos quais são obtidos através de outros subprodutos e em grandes quantidades, essas organizações podem levar vantagem com o uso do MRP.

Em relação a compra de materiais, existe alguns sistemas que auxiliam o gestor, pois dependendo do produto e da organização existem diversas políticas de estoque, algumas empresas buscam baixos estoques e desta forma uma produção baseada no sistema *just-time*, que se refere a entrega de matéria-prima ou subproduto no momento exato de processo, desta forma alguns sistemas calculam o *lead-time* (tempo de entrega) de entrega do pedido, na quantidade certa e no momento correto (CORRÊA, GIANESI, CAON, 2008).

Para executar o sistema MRP são necessárias algumas informações demonstradas na Figura 4, como a carteira de pedidos que se refere aos pedidos firmes de clientes e a previsão de vendas, através de dados estatísticas passados, condição do mercado e entre outros. Estas duas condições dão entrada no sistema MRP, por onde a resultantes são as ordens de compra, plano de materiais e ordens de trabalho (SLACK *et al*,1997).

Para realização de um MRP (Planejamento de Necessidades de Materiais) os sistemas necessitam que os gestores entrem com a demanda prevista por um certo período, usualmente essa demanda varia, de acordo com prazos de entrega e capacidades, então os responsáveis pelo MRP tem a obrigação de atualizar o sistema e tomar as medidas necessárias. Com a demanda o sistema MRP, explode o produto para que possa ter conhecimento de todos materiais necessários, reconhece os pais e filhos que são por exemplo os filhos material A e o material B que são unidos e formam o pai que é a junção do material A+B, então o sistema calcula os tempos de entregas e distribui a produção da demanda nas capacidades da empresa que são os maquinários, pessoas e tempo (CORRÊA, GIANESI, CAON, 2008).

**Figura 4 - Desenho esquemático do planejamento de necessidades de materiais (MRP)**



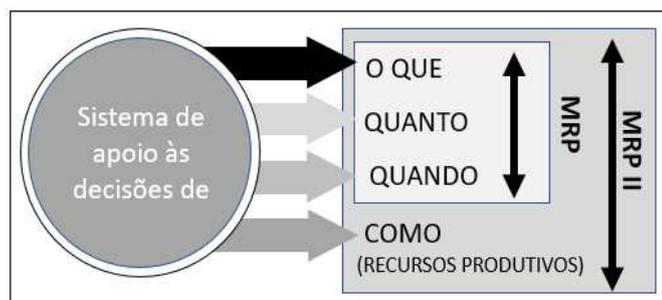
Fonte: Slack et al, p. 444 (1997)

## 2.5 MRP II - PLANEJAMENTO DE RECURSOS DE PRODUÇÃO

No tópico anterior, observamos que o MRP orienta os gestores em decisões de quando, quanto e o que produzir e comprar. Porém com o tempo o MRP se mostrou limitado a apenas definir necessidades de materiais, então os estudiosos viram que era necessário aperfeiçoar o MRP para que ele englobasse a parte de recursos de produção como mão-de-obra, equipamentos e etc., então desenvolveram o MRP II, Figura 5.

A nova ferramenta agora possibilitava aos gestores reconhecer com exatidão possíveis estoques na capacidade antecipadamente, tornando possível a tomada de medidas para chegar a uma solução. Portanto agora o MRP II abrange tanto com o que produzir e também como produzir, que diz respeito aos recursos necessários (CORRÊA, GIANESI, CAON, 2008).

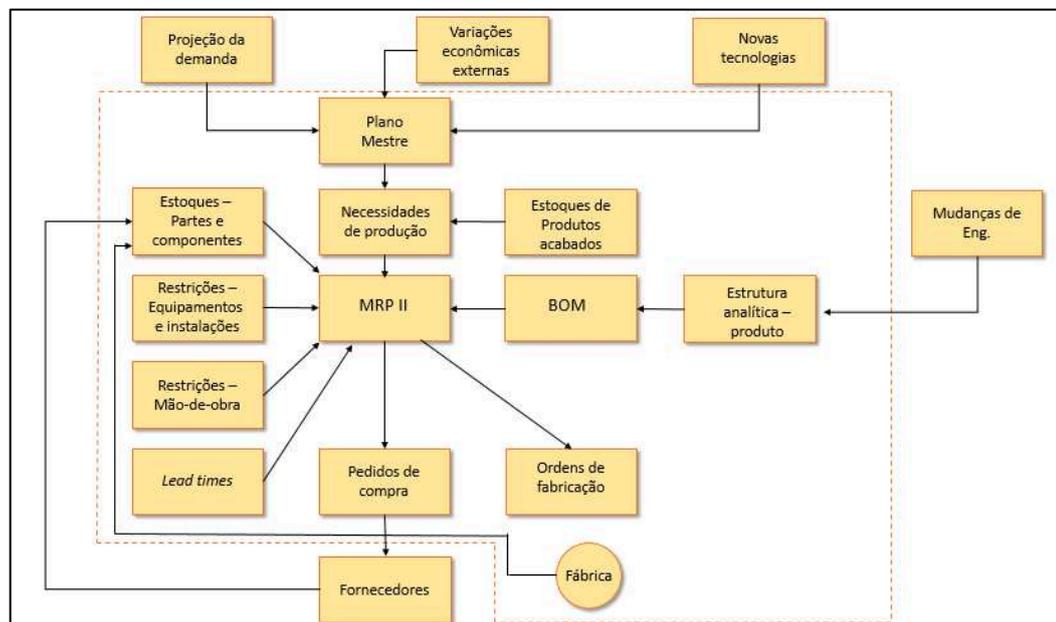
**Figura 5 - Abrangência do MRP e do MRP II**



Fonte: CORRÊA, GIANESI, CAON, p. 134 (2008)

O MRPII engloba muitos outros cálculos além do MRP conforme Figura 6, existe uma lógica desenvolvida de planejamento, que antevê uma sequência hierárquica de cálculos, averiguações e decisões com o intuito de gerar um plano de produção possível, tanto quanto a necessidade de materiais, como de capacidade produtiva. O planejamento de recursos de produção pode auxiliar o gesto em decisões por exemplo de quando deve ter hora extra, ou a necessidade de criação de um outro turno, todas decisões para que a capacidade não estoure (CORRÊA, GIANESI, CAON, 2008).

**Figura 6 - Esquema de funcionamento de um sistema MRP II**



**Fonte: LAUGENI e MARTINS, p. 355 (2005)**

Os sistemas MRP, MRPII e ERP são utilizados por empresas para gestão da demanda, pois através destes sistemas se torna possível conhecer as listas de materiais, onde qualquer equívoco pode levar ao não atendimento do pedido. Esses sistemas abastecem a área de compras, sobre ordens de compras que necessitam serem emitidas e também abastece o plano mestre, emitindo ordens de produção. Realiza estas ações através de uma estrutura analítica de produtos e estabelecendo as necessidades (MARTINS, LAUGENI, 2005).

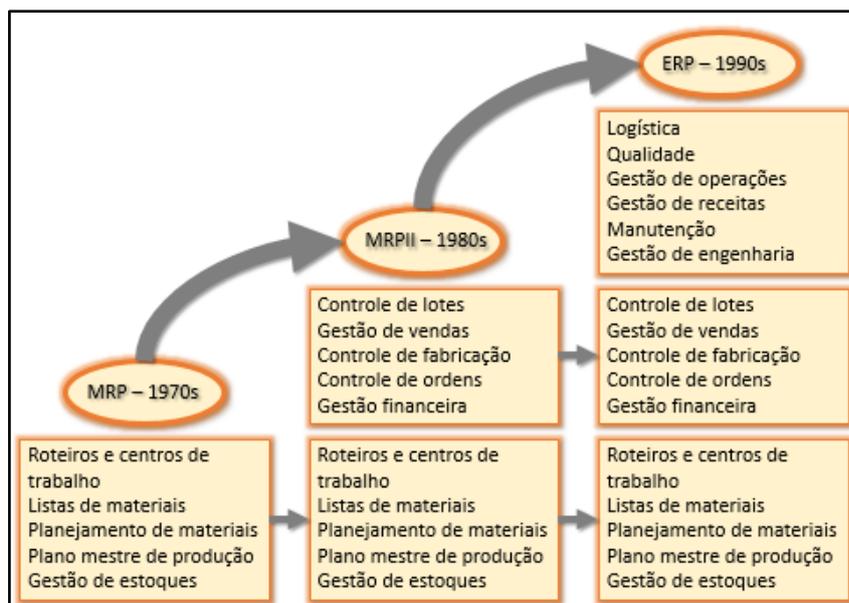
## 2.6 ERP - SISTEMAS INTEGRADOS DE GESTÃO

Atualmente as organizações estão atravessando a era da informação, buscando cada vez mais a gestão de recursos de informação conforme visto na Figura 7, um destes recurso é o sistema de informação tendo o ERP, o sistema integrado de gestão, o sistema que se constitui um dos sistemas mais empregados na atualidade (MARTINS, LAUGENI, 2005).

Corrêa et al (2008) exclama que o ERP é um sistema com objetivo de proporcionar a empresa todas informações necessárias para que o gestor tome sua decisão. O sistema de planejamento de recursos da corporação é uma evolução do já citado MRP II, capítulo 2.5.

O ERP (*Enterprise Resource Planning*) possui como intuito integrar os processos de negócios da organização e prover elementos para decisões estratégicas. O sistema que foi fundamentado em um sistema de informação é um modelo de gestão. O ERP ainda proporciona a empresa, a oportunidade de integrar e automatizar a maior parte de seu processo de negócio através do compartilhamento de dados e conhecimentos por toda a organização, além de conectar-se as informações em tempo real (MARTINS, LAUGENI, 2005).

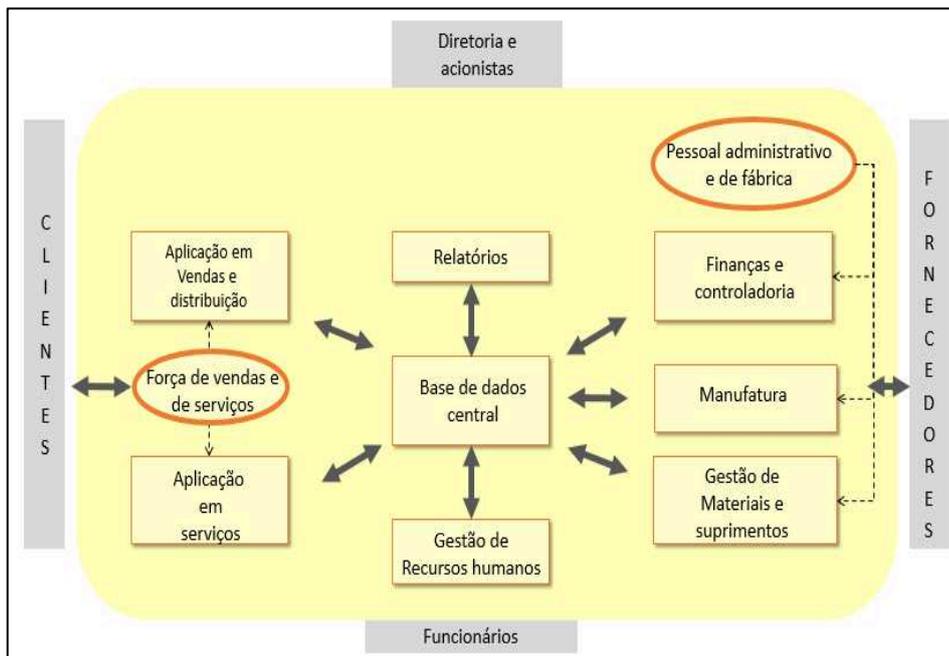
**Figura 7 - Evolução dos sistemas MRP ao ERP**



Fonte: CUNHA (1998) apud MARTINS e LAUGENI, p. 388 (2005)

Na organização o fluxo de informação é facilitado através do ERP, pois integra as diversas funções como: logística, recursos humanos, engenharia, manufatura, finanças, entre outras. O sistema unifica todas informações em um ambiente computacional, através de um banco de dados. O intuito do ERP, mostrado na Figura 8, é se tornar eficiente em ingressar com a informação em uma única vez, e possibilitar que esse conhecimento possa ser acessado por todos (MARTINS, LAUGENI, 2005).

**Figura 8 - Visão geral de um EPR**



Fonte: Daveport (1998) adaptado Martins e Laugeni, p.388 (2005)

## 2.7 GESTÃO DE DEMANDA

O importante papel do Planejamento e Controle da Produção está na gestão da demanda, que em um ambiente empresarial possibilita prever as necessidades futuras do consumidor. Uma organização deve saber usar todas ferramentas para prognosticar a demanda futura com exatidão e abranger esforços de cinco áreas, conforme Figura 9: previsão da demanda, promessa de prazos, priorização e alocação, comunicação com o mercado e influência sobre o mercado (CORRÊA, GIANESI, CAON, 2008).

**Figura 9 - Principais elementos da gestão da demanda**

Fonte: CORRÊA, GIANESI, CAON, p. 237 (2008)

Para empresas que buscam competir em um mercado cada vez mais acirrado a previsão da demanda futura se torna fundamental para decisões estratégicas e de planejamento em uma cadeia de suprimentos (CHOPRA, MEINDL, 2003). Além destas previsões auxiliarem os responsáveis pela gestão a diminuírem as incertezas e, portanto, administrarem a produção com planos mais realistas (STEVENSON, 2001). A gestão da demanda é vital para todas organizações e para cada decisão a ser tomada pelo gestor se torna base para o planejamento corporativo de longo prazo (CHASE *et al* 2006). A gestão da demanda é fundamental para a empresa, ela possibilita a gestão de capacidade dos equipamentos de forma adequada, a reposição de materiais junto aos fornecedores no momento e na quantidade certa e programar adequadamente as outras atividades do processo (MARTINS, LAUGENI, 2005).

Na gestão de demanda o gestor, conforme Figura 9, deve possuir a habilidade em promessa de prazos, pois a confiabilidade de entregas depende disso. O setor responsável de vendas deve possuir uma mentalidade de não somente realizar vendas, mais também ser um meio de comunicação do cliente com a organização, pois os clientes através do departamento de vendas podem trazer informações importantes como prováveis demandas futuras. O gestor da demanda tem a responsabilidade de interferir sobre a previsão da demanda de forma que o que foi previsto realmente aconteça e que a organização tenha a capacidade de cumpri-la,

caso contrário, o gestor de alguma forma deve negociar o parcelamento da entrega (CORRÊA, GIANESI e CAON, 2008).

A coleta de informações sobre a demanda pode ser realizada com um sistema de previsão de vendas, que possibilita fornecer uma estimativa de vendas futuras, medidas em unidades de produtos e em unidades de tempo. O sistema deve considerar: dados históricos, analisar vendas e possíveis comportamentos atípicos no passado, a situação atual de variáveis que podem explicar comportamento das vendas futuras, conhecimento sobre o mercado econômico, informações de clientes que possam indicar alguma demanda futura, informações sobre concorrentes, conhecimento sobre decisões na área comercial que podem influenciar o comportamento das vendas (CORRÊA, GIANESI e CAON, 2008).

## 2.8 MÉTODOS DE PREVISÃO DE DEMANDA

Segundo a Associação para gerenciamento de Operações - APICS (*The Association for Operations Management*), muitas das empresas tendem a usar métodos simples de previsão de demanda, os quais levam em conta a opinião dos membros e a experiência de cada um (Métodos Qualitativos).

O planejamento é iniciado a partir das metas definidas pelo comitê executivo e planejamento estratégico (corporativo) que em função das expectativas do mercado estabelecem um ritmo de crescimento anual. Desta forma a meta individual de cada unidade e setor é estabelecida levando em conta a capacidade real de produção.

A meta estabelecida pelo corporativo é chamada de estratégica e tem caráter anual, a previsão de vendas e operações - S&OP (*Sales and Operations Planning*) é utilizada para períodos menores (em geral para três meses), podendo ser revisada e adequada conforme o desempenho do mercado tornando-se assim uma meta secundária a ser perseguida caso o planejamento estratégico não esteja alinhado com a demanda.

Os métodos de previsão de demanda sejam estatísticos ou conceituais, são influenciados por fatores de mercado como sazonalidade, tendência e outras influências externas não previstas.

Os métodos de previsão de demanda são divididos em duas grandes categorias: Qualitativos e Quantitativos. Os métodos qualitativos são aqueles que dependem das

avaliações subjetivas de uma pessoa ou grupo (O comitê executivo, por exemplo). Os métodos quantitativos, também chamados de matemáticos, são aqueles que dependem do histórico de vendas que é uma relação entre o passado de vendas e algumas outras variáveis que serão discutidas a seguir.

## 2.9 MÉTODOS QUALITATIVOS

Os métodos qualitativos são baseados nos resultados de entrevistas realizadas com especialistas ou com pessoas que, de certa forma, são fundamentais para o processo (clientes, fornecedores, etc.) e são muito utilizados em previsões de médio e longo prazo, ou em situações onde não se tem uma série histórica robusta o suficiente para a aplicação dos métodos quantitativos (CHAMBERS; MULLICK; SMITH, 1971; GEORGOFF; MURDICK, 1986).

Existem também os modelos de escolha discreta, que tentam avaliar a atração por um serviço ou produto, através das preferências declaradas dos possíveis consumidores. Tais modelos valem-se da teoria da preferência declarada e geralmente não são tendenciosos, mas ainda estão em desenvolvimento.

Assim, o uso desse tipo de modelo é muito observado quando da necessidade do desenvolvimento de estratégias de longo e médio prazo e de novos produtos onde a taxa de aceitação do mesmo no mercado é ainda incerta (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998). Quando utilizado em conjunto com métodos quantitativos, pode reduzir erros de previsão através da flexibilidade do modelo e da adição de informações ao mesmo.

Os métodos qualitativos, se aplicados equivocadamente, geram tendências que podem influenciar os resultados, comprometendo a eficácia de sua previsão. O Quadro 1 indica quais são as tendências mais comumente observadas e sugere formas de amenizar as consequências das mesmas no processo preditivo (SPEDDING; CHANN, 2000).

**Quadro 1 - Tendências comuns em métodos qualitativos**

<b>TIPO DE TENDÊNCIA</b>	<b>TENDÊNCIA</b>	<b>ORIENTAÇÃO</b>
Otimismo	Previsão reflete os resultados desejados pelos tomadores de decisão.	Fazer a previsão em grupos de reuniões.
Inconsistência	Incapacidade de aplicar o mesmo critério de decisão em situações similares.	Formalizar o processo de tomada de decisão.
Novidades	Os eventos mais recentes são considerados mais importantes que eventos mais antigos, que são minimizados ou ignorados.	Considerar os fatores fundamentais que afetam o evento de interesse. Perceber que ciclos e sazonalidades existem.
Disponibilidade	Facilidade com a qual informações específicas podem ser reutilizadas quando necessário.	Apresentar informações completas que apontem todos os aspectos da situação a ser considerada.
Correlações Ilusórias	Acreditar na existência de padrões e/ou que variáveis são relacionadas quando isto não é verdade.	Verificar significância estatística dos padrões. Modelar relações, se possível, em termos de mudanças.
Conservadorismo	Não mudar ou mudar lentamente o ponto de vista quando novas informações / evidências estão disponíveis.	Monitorar as mudanças e elaborar procedimentos para atuar quando mudanças sistemáticas são identificadas.
Percepção seletiva	Tendência de ver problemas baseado na própria experiência.	Fazer com que pessoas com diferentes experiências façam previsões independentes.

**Fonte: MAKRIDAKIS (1998) - Adaptado pelo autor**

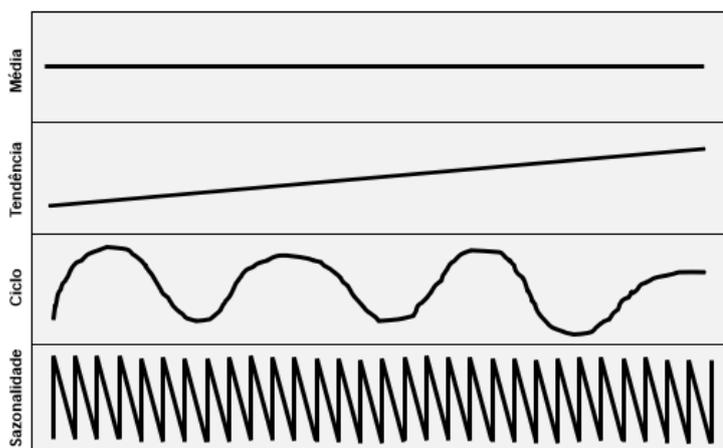
## 2.10 MÉTODOS QUANTITATIVOS

A previsão da demanda pode ser realizada por diversos modelos matemáticos através de métodos quantitativos. A escolha de um determinado modelo é feita em função do comportamento da série temporal estudada. Segundo Makridakis (1998), uma série temporal pode possuir até quatro características conhecidas, Figura 10:

- Média: ocorre quando os valores de uma série oscilam entre um valor médio constante.
- Sazonalidade: ocorre quando existem padrões cíclicos de variação que se repetem em intervalos relativamente constantes de tempo.

- Ciclo: ocorre quando a série apresenta variações ascendentes e descendentes não regulares no tempo.
- Tendência: Existe quando a série, de uma maneira geral, apresenta uma tendência ascendente ou descendente quando analisado um longo período de tempo.

**Figura 10 - Características de uma série temporal**



**Fonte: MAKRIDAKIS, WHEELWRIGHT, HYNDMAN (1998) adaptado pelo autor**

Os métodos de previsão não serão focados nesse trabalho, pois seu objetivo é o de focar nos motivos que levam ao não atendimento ao prazo de entrega, uma vez que a demanda já é algo real e não uma previsão.

## 2.11 INDÚSTRIA 4.0

Atualmente, os termos “Quarta Revolução Industrial” ou “Indústria 4.0”, têm sido cada vez mais abordados nos ambientes acadêmicos e empresariais, e pode ser considerado o futuro paradigma da manufatura. Neste conceito de indústria, a tecnologia é amplamente utilizada para integrar máquinas e seres humanos numa cadeia de valor de maneira harmoniosa e assim oferecer um serviço ou produto em específico. Para que se tenha efeito desejado, essa harmonia deve transpor os métodos tradicionais de criação e análise de sistemas de controle e, novos meios de modelagem dos sistemas devem ser considerados. (Kolberg and Zuhlke, 2015; Li et al., 2010).

Schmitt et al (2015), evidencia que a Indústria 4.0 ou Quarta Revolução Industrial, leva em consideração também o emprego de equipamentos inteligentes nas operações, que permitiria uma ampla interação entre cliente e fornecedor, permeando uma maior capacidade do sistema de se adaptar as diferentes exigências dos clientes.

Uma outra configuração demandada, dentro do conceito de Indústria 4.0, seria ainda a necessidade de os sistemas suportarem a reconfiguração *plug-and-play* dos seus componentes, que permitiria a adição, modificação ou exclusão de recursos ou personalização de uma operação de um processo produtivo. Os sistemas serão capazes de recuperar o funcionamento do sistema na constatação de falhas, evidenciando assim uma maior capacidade de adaptação ao meio (da Silva et al., 2014).

Ao longo da evolução tecnológica das redes de computadores é percebido uma maior interação da informação entre áreas heterogêneas. Segundo Tanenbaum (2002), a rede de computadores consiste-se num conjunto de computadores interligados por um mesmo tipo de tecnologia, podendo ser interligado por diferentes modos (cabos, fibra ótica, entre outros).

A Internet das Coisas (do inglês *Internet of Things*), emergiu dos avanços de várias áreas como sistemas embarcados, microeletrônica, comunicação e sensoriamento esse cenário permite que os equipamentos diversos se conectem à internet e promovam a comunicação entre usuários e dispositivos (Santos, et al., 2017).

No âmbito dessa revolução, oriunda da crescente expansão da tecnologia aliada à Internet das Coisas, o potencial exploratório de tais recursos nas organizações evidencia sua importância, estando os processos cada vez mais autônomos, o cenário tende além de uma participação massiva dos sistemas de informação nos processos, uma maior capacidade dos processos de lidar com desafios distintos impostos pelo homem ao ambiente.

### **3 METODOLOGIAS DE PESQUISA**

#### **3.1 CLASSIFICAÇÃO DOS MÉTODOS DE PESQUISA**

Um trabalho de graduação, tem início pela base de pesquisa que será escolhida, para a sustentação da metodologia definida, que é a definição primordial, obtida através de investigação realizada por meio do extenso trabalho de revisão bibliográfica, orientadores, especialistas da área e o próprio conhecimento pessoal sobre o estudo (CRESWELL, 1994).

##### **3.1.1 De acordo com a abordagem**

De acordo com Pereira (2007), o próximo passo após a definição da base é a seleção do modelo de pesquisa que guiará as seguintes ações. Através do ponto de vista da abordagem do problema, esse modelo de estudo pode ser quantitativo ou qualitativo (PEREIRA, 2007; DA SILVA, 2005).

##### **3.1.2 De acordo com o objetivo**

As pesquisas são classificadas em Pesquisa Exploratória, Pesquisa Descritiva e Pesquisa Explicativa, definidas a partir dos objetivos (GIL, 1991).

A Pesquisa Exploratória possibilita maior familiaridade com o problema a fim de torná-lo entendível e propiciar um duradouro conceito para a construção das hipóteses, envolvendo pesquisa bibliográfica, entrevistas com pessoas que presenciaram experiências como o *Know-How* do problema de pesquisa e a análise de modelos que possam estimular o conhecimento, sendo evidenciadas normalmente pelas pesquisas bibliográficas e estudos de caso (GIL, 1991; MALHOTRA, 2004).

A Pesquisa Descritiva expõe as características de uma determinada população ou episódios ou a definição dos vínculos entre variáveis, com o uso de práticas normalizadas de recolhimento de dados, como inquérito e análises sistemáticas, sendo assumidas normalmente na forma de levantamento (GIL, 1991).

A Pesquisa Explicativa indica as convicções que estabelecem ou contribuem na ocorrência dos fenômenos, esclarecendo a razão das coisas devido ao aprofundamento cognitivo. A Pesquisa Experimental e a Pesquisa Expo-facto atingi sua forma quando se utiliza o método observacional nas ciências sociais e o método experimental nas ciências naturais.

### 3.1.3 De acordo com os procedimentos técnicos

Conforme os procedimentos técnicos, as pesquisas, segundo Gil (1991), são ordenadas em:

- Pesquisa Documental, realizada a partir de materiais sem metodologia de análise crítica;
- Pesquisa Experimental, através da caracterização de uma parte de um estudo, especificando-se os elementos que são qualificados para sua atuação, conceituam-se os padrões de comando e de análise das influências das causas sobre o objeto;
- Pesquisa Bibliográfica, quando concebida por referências teóricas já publicadas, constituída essencialmente de livros, artigos e atualmente por teorias divulgadas na Internet;
- Pesquisa *ex-post-facto*, *Ex-post facto* significa “a partir do fato passado”, este tipo de pesquisa é responsável por verificar a existência de relações entre as variáveis. O experimento, portanto, realiza-se depois dos fatos e do estudo das variações nas variáveis.

Quadro 2 - Tipos de Pesquisa

Tipo	Definição	Objetivos e Características
Estudo de caso	Determina-se por uma investigação que analisa um fenômeno recente dentro de uma situação de vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão visivelmente definidos. Deste modo pode ser único (holístico) ou casos múltiplos (YIN, 2005).	Existe um problema que não é suficientemente definido e através do estudo de caso pode ser conhecido (MATTAR, 1996).
<i>Survey</i>	Através de uma análise quantitativa dos dados coletos, se torna possível compreender esses dados levantados, referentes a um problema, e obter resultados e conclusões. (GIL, 1996).	Através de uma coleta de dados sobre ambientes e indivíduos, o modelo auxilia para o estudo de uma área particular de interesse. (FORZA, 2002).
Modelamento e Simulação	Utilizando técnicas matemáticas para explicar o desempenho de um sistema produtivo (BERTO e NAKANO, 2000).	Com um aglomerado de variáveis de um dado domínio é possível averiguar a conexão causal e quantitativa de um conjunto de variáveis (BERTRAND e FRANSOO, 2002).
Pesquisa-ação	Realizada através de uma solução coletiva do problema e não qual os investigadores e integrantes envolvem-se de modo cooperativo e participativa, esta pesquisa é realizada através do conhecimento de cada participante (THIOLLENT, 1997).	O investigador auxilia no processo é participativa, resolve o problema e colabora para a ciência, requer know-how éticos, pode adotar tanto a habilidade qualitativa quanto a quantitativa, requer conhecimento do ambiente organizacional, deve ser dirigida em período atual e requer parâmetros próprios de qualidade para sua avaliação (COUGHLAN e COUGHLAN, 2002).
Pesquisa bibliográfica / revisão da literatura	Estabelece como uma operação importante para distinguir, identificar e conduzir o desenvolvimento da investigação em determinada esfera do conhecimento (NORONHA e FERREIRA, 2000).	Proporciona a o reconhecimento de perspectivas para análises futuras, colaborando com proposta de ideias para o progresso de novos projetos de pesquisa (NORONHA e FERREIRA, 2000).

Fonte: Pereira (2007) *apud* Santejani (2017, p. 80)

### 3.2 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso, de acordo com o Quadro 2 é entendido como um trabalho desenvolvido em campo, o qual busca uma análise detalhada de fatos ocorridos num cenário real e desse modo, fomentar a geração de conteúdo teórico (Miguel *et al*, 2012).

O cunho analítico do estudo de caso, possibilita a verificação de conceitos contemporâneos na área de engenharia no cenário investigado (Miguel *et al*, 2012), nesse trabalho a junção de um problema com a análise investigativa, de modo a evidenciar a relevância do estudo para a engenharia de produção.

Voss *et al* (2002, *apud* Miguel *et al*, 2012) mostra as possibilidades de emprego do estudo de caso nos seguintes estudos:

- Teste de Teoria: Possibilidade do caso em estudo colocar a prova a veracidade ou falhas de uma determinada teoria.
- Extensão/Refinamento de Teoria: Melhor estruturação das teorias existentes, permitindo investigar os limites de determinada teoria, considerando o cenário em estudo.

### 3.3 PDCA E MELHORIA CONTÍNUA

De acordo com Rangel (1995), PDCA siglas em inglês para *Plan, Do, Check, Act* que em português significa Planejar, Fazer, Checar e Agir é um conceito associado à melhoria contínua, que resumidamente, significa realizar a execução de um determinado processo da maneira correta, com olhar crítico ao processo objetivando sua constante melhoria de acordo com a Figura 11.

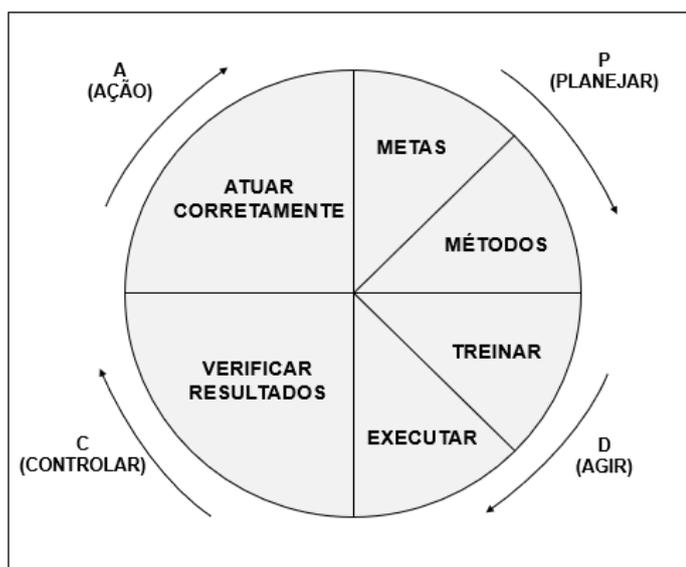
Peinado e Graeml (2007) afirmam que, a melhoria contínua está baseada em um conceito japonês denominado Kaizen e que significa buscar a melhoria gradual e contínua de todos os produtos e serviços.

Segundo Rangel (1995), a melhoria contínua está baseada em indicadores de desempenho, os quais monitoram o desempenho dos processos e permitem que as providências corretivas sejam tomadas de maneira a definir alvos de melhoria gradual, alguns exemplos desses indicadores são: % de entregas no prazo, % de perdas na produção e % de reclamações de clientes.

Falconi (2004), define as etapas do ciclo PDCA conforme mostrado abaixo e na Figura 11:

- Planejamento (P):
  - ❖ Consiste na definição das metas sobre os itens de controle.
  - ❖ Definição de método para o alcance das metas propostas.
- Execução (D):
  - ❖ Execução das tarefas previstas no método na etapa de planejamento.
- Verificação (C):
  - ❖ Verificação dos dados coletados na execução e comparação com a meta estipulada.
- Atuação corretiva (A):
  - ❖ Etapa de execução de ações corretivas, de modo que tal problema nunca volte a ocorrer.

**Figura 11 - Ciclo PDCA de controle de processos**



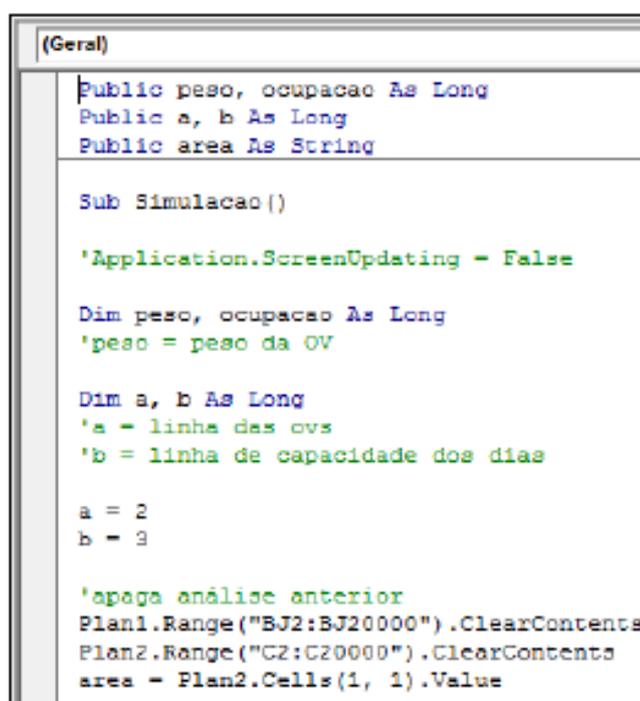
**Fonte: FALCONI (2004) adaptado pelo autor**

### 3.4 EXCEL COM VBA

De acordo com Power (2004), a configuração de dados na forma de planilhas para folhas de cálculo tem sido usada por contabilistas por centenas de anos, contudo as planilhas informatizadas ou eletrônicas têm origem mais recente. A primeira versão do Excel foi lançada em 1987 e sua dominância como aplicação de planilhas eletrônicas é indiscutível.

Walkenbach (2009), apresenta algumas das funcionalidades da programação em VBA para manipulação de dados, evidenciando o diferencial de se conhecer tais funcionalidades na manipulação e automação de rotinas, com a ferramenta é possível: inserir textos, automatizar tarefas frequentes, automatizar operações repetidas, criar comandos personalizados, criar botões personalizados, desenvolver novas planilhas e funções, criar aplicações conduzidas por macros, criar entradas personalizadas para o Excel, conforme Figura 12.

Figura 12 - Desenvolvimento em ambiente VBA



```
(Geral)
Public peso, ocupacao As Long
Public a, b As Long
Public area As String

Sub Simulacao()

'Application.ScreenUpdating = False

Dim peso, ocupacao As Long
'peso = peso da OV

Dim a, b As Long
'a = linha das ovs
'b = linha de capacidade dos dias

a = 2
b = 3

'apaga análise anterior
Plan1.Range("B2:B20000").ClearContents
Plan2.Range("C2:C20000").ClearContents
area = Plan2.Cells(1, 1).Value
```

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.5 BRAINSTORMING

O *brainstorming* se trata de uma tempestade de ideias, ou seja, uma equipe de diversos profissionais se reúne em um local, então é apresentado a eles um problema, posteriormente todos participam colaborando com ideias para resolução do caso, essa ideia pode partir de um único colaborador ou até sugestões que formem a melhor solução, todas ideias são anotadas. O líder do grupo deve apoiar todas ideias por mais sem relação com que elas pareçam estar com o problema, essas ideias não devem ser criticadas e nem descartadas. (PEINADO, GRAEML, 2007).

Para elaboração de um *brainstorming* o líder deve propor o assunto a ser discutido de forma clara e que não haja dúvida, eleger um dos colaboradores para ficar responsável pela anotação de todas ideias, o líder da reunião deve fazer com que todos na mesa deem sua opinião de forma que nenhum deles atrapalhe o outro ou fale ao mesmo tempo. O *brainstorming* acaba quando o líder da reunião notar que todas ideias foram esgotadas sobre o tema em questão, então a ótima solução pode ser discutida (PEINADO, GRAEML, 2007).

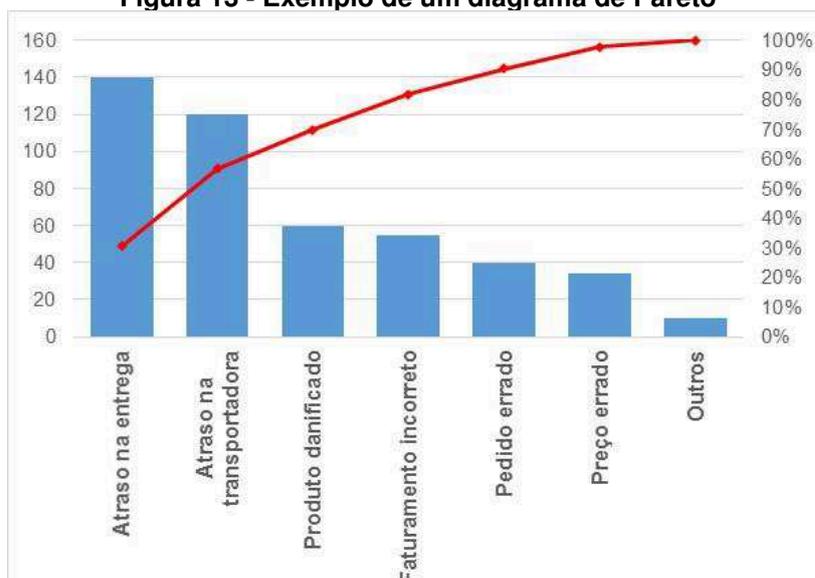
### 3.6 GRÁFICO DE PARETO

O gráfico de Pareto, criado por Vilfredo Pareto, que através de um gráfico demonstrou no final do século XIX, que a distribuição de renda era desacetada, pois pela análise do gráfico foi possível identificar que a maior parte da renda ficava em posse da menor parte da população. Desta forma o gráfico criado por Vilfredo, recebe seu nome gráfico de Pareto. O intuito do diagrama de Pareto é desmembrar os problemas em vitais e triviais (PEINADO, GRAEML, 2007).

Desta forma o diagrama que em sua forma se trata de um gráfico de barras verticais, que auxiliam os gestores a constatarem os problemas em questão e a ordem em que eles serão solucionados. Possibilitando então concentrar os esforços e atenção para os problemas vitais (RANGEL,1995).

Para resolução de problemas, o diagrama de Pareto é uma ótima opção, como por exemplo Figura 13. (PEINADO, GRAEML, 2007).

**Figura 13 - Exemplo de um diagrama de Pareto**



Fonte: Peinado e Graeml (2007) adaptado pelo autor

### 3.7 FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*)

FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*), no Brasil FMEA é traduzido para AMFE (Análise dos Modos de Falha e Efeitos). Este método visa os sistemas, especialmente aqueles de elevado nível de risco para as áreas circunvizinhas (ALTAFINI, 2002)

O FMEA é uma ferramenta que tem como intuito evitar potenciais falhas através da análise das falhas e posteriormente propor ações corretivas, ROZENGELD (2008, *apud* CLAUSING, 1994). Através da utilização desta ferramenta é possível identificar com antecedência as prováveis falhas do sistema ampliando a confiabilidade. Para Palady (1997) a FMEA é uma ferramenta significativa para a previsão de problemas, além de contribuir para a elaboração de projetos, serviços ou processos.

É uma Técnica apropriada para sistemas de elevado risco potencial no decorrer de um processo, proporcionando a identificação prévia e rápida dos equipamentos e suas funções, desvios e medidas de controle e emergência. Além disso, descreve as consequências das falhas identificadas, sejam estas para o meio ambiente, para o

sistema ou para o próprio componente. O FMEA é altamente subjetivo e requer um trabalho considerável de suposição em relação às possibilidades e a sua prevenção.

O Princípio da Relevância conhecido como relevância das fases posteriores, pode em algumas situações levar a prevenção de problemas de projeto pelo meio de ações de produções e consegue se mais barato e estabelecer um meio mais curto

Prevenir problemas de processo empregando uma ação de projeto em certos casos pode ser a estratégia mais eficaz e eficiente (PALADY, 1997).

Conforme Fantazzine & Serpa (2002), os principais intuitos do FMEA são:

- Para garantia de mínimos danos ao sistema é necessário verificação sistemática dos modos de falha de um elemento;
- Definição dos efeitos que tais falhas provocarão em outros elementos do sistema;
- Definição dos elementos de que as falhas teriam consequência crítica na atividade do sistema (Falhas de Efeito Crítico);
- Cálculo de probabilidades de falhas de montagens, subsistemas e sistemas, a partir das probabilidades individuais de falha de seus componentes;
- Através da utilização de elementos com confiabilidade elevada, redundâncias no projeto ou ambos. Se torna possível determinar como é possível reduzir a probabilidade de falha de elementos, montagens e subsistemas.

A ferramenta FMEA desenvolvida por volta da década de 60, surgiram dois tipos de FMEA o de processo e de projeto, os dois tipos são capazes de serem aplicados tanto no desenvolvimento de projeto como processo (PALADY, 1997).

### 3.7.1. FMEA de PROJETO (DFMEA – *Design Failure Modes and Effects Analysis*)

No FMEA de projeto são consideradas as falhas que podem acontecer com o produto dentro das especificações do projeto. O intuito da ferramenta é evitar falhas no produto consequentes do projeto. É frequentemente nomeada também de FMEA de produto.

De acordo com Moura (2000), o FMEA de Projeto dá sustentação ao desenvolvimento do projeto diminuindo os riscos de falhas, por:

- Contribuir na avaliação objetiva das condições do projeto e das soluções alternativas;
- Considerar as condições de produção e montagem no projeto inicial;
- Aumentar a probabilidade de que os modos de falhas iminentes e seus impactos nos sistemas;
- Possibilitar informações complementares para auxiliar no planejamento de programas de desenvolvimento e de ensaios de projeto eficientes e completos;
- Desenvolver uma listagem de modos de falhas potenciais classificadas em conformidade com as suas implicações no cliente, fazendo assim um sistema de priorizar para aperfeiçoamento do projeto e ensaios de desenvolvimento;
- Possibilitar uma forma de documentação aberta para sugerir e rastrear ações de diminuição de risco;
- Possibilitar orientação para no futuro auxiliar na análise de problemas de campo, na análise de alterações de projeto e no desenvolvimento de projetos avançados.

### 3.7.2. FMEA de PROCESSO (PFMEA – *Process Failure Modes and Effects Analysis*)

O intuito desta análise é impedir acontecimento de falhas do processo, possuindo como suporte as não conformidades do produto com as especificações do projeto. As fases e a modo de produção da análise são as iguais, só existe diferença quanto ao objetivo. (SILVA, SOARES, SILVA, 2008)

O FMEA de processo:

- Reconhece os modos de falhas potenciais do processo relativos ao produto;
- Efetua uma avaliação dos efeitos da falha potencial ao cliente;
- O FMEA de processo analisa as causas das falhas na montagem ou produção e controla quais são as variáveis, desta forma há uma redução ou até melhoria da eficácia da identificação da falha;

- O FMEA de processo identifica e classifica quais são os modos de falhas potenciais. Determina assim um sistema de priorização para tomada de ações corretivas;
- O FMEA de processo conserva todos os dados que são resultados do processo de produção ou montagem.

### 3.7.3. Importância do FMEA

O FMEA se torna importantíssimo a todas empresas que adota essa ferramenta, pois proporciona a empresa: (SILVA, SOARES, SILVA, 2008)

- Com ele é possível catalogar informações de uma forma sistêmica, sobre as falhas dos produtos e processos.
- Possibilita ao gestor um melhor conhecimento dos problemas nos produtos/processos da empresa;
- Através de dados devidamente monitorados, é possível definir ações de melhoria no projeto do produto/processo;
- Com a prevenção no acontecimento das falhas, a empresa consegue uma diminuição custos.

## 4 DESENVOLVIMENTO

As operações da usina objeto de estudo, estão distribuídas em 14 países – nas Américas, na Europa e Ásia. Produz aços de diferentes tipos de liga, nas formas de barras, cilindros ou bobinas de fio máquina para diversos tipos de aplicações, fornecidos para as indústrias do segmento automotivo, ferroviário, aeronáutico, naval, de geração de energia, construção civil entre outras, as quais provém a devida conformação para obtenção do produto final.

Na unidade estudada, situada a 146 km da capital São Paulo, a capacidade instalada de aciaria é de 600.000 toneladas por ano, a maior parte desse volume de produção é obtido com a reciclagem da sucata de aço, oriunda de fornecedores selecionados e capacitados pela companhia.

A realização do estudo se deu no setor de PPCP, Planejamento Programação e Controle da Produção, célula do *Supply Chain*, responsável pela avaliação das necessidades de produção, apazamento, planejamento e programação dos volumes de produção de toda a usina.

### 4.1 O PROBLEMA

No que se refere à gestão da demanda, inicialmente o quadro apresentado é de um considerável volume de ordens de venda a processar com o prazo de entrega excedido, essa condição implica em diversas resultantes dentro e fora da organização, como impactos na cadeia de suprimentos dos clientes e por consequência, encargos financeiros podem ser gerados para ambos extremos dessa conjuntura, exemplo Figura 14.

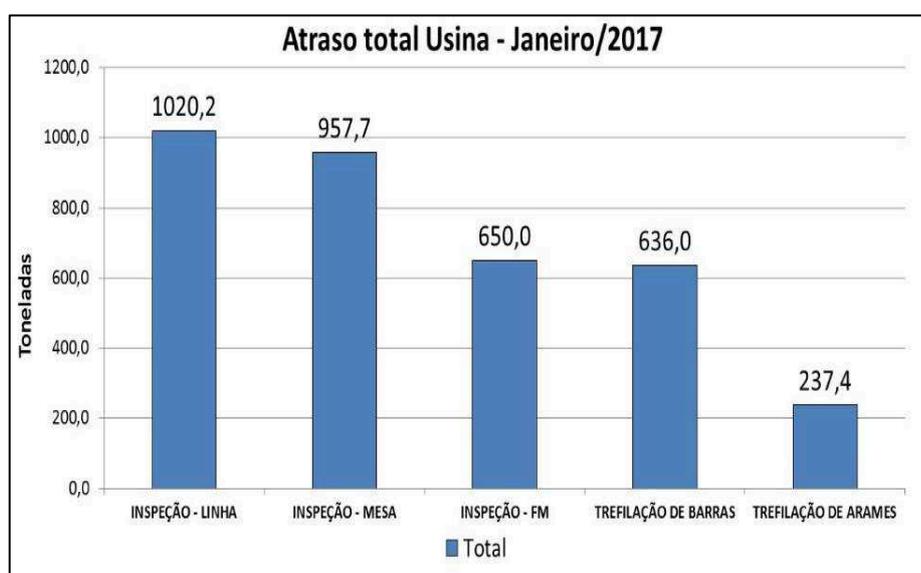
O cálculo das multas geradas por atraso para a usina varia de acordo com a influência do cliente na carteira de pedidos. No início desse estudo, o volume a produzir excedia o atraso máximo a produzir esperado de 2000 toneladas/mês.

O PPCP, como elo de comunicação entre a área comercial e o chão de fábrica, tem de lidar com um alto volume de informação durante todo o tempo. Essa particular

característica do departamento, contribuí para que haja uma série de oportunidades para a automação de rotinas por meio da utilização das ferramentas propostas nesse estudo.

Analisando o processo de PPCP, no decorrer do capítulo de desenvolvimento, serão elencados os devidos inputs e outputs do processo relevantes para área na operação produtiva e avaliar-se-á os efeitos desta interação no atendimento ao prazo.

**Figura 14 - Distribuição do atraso**

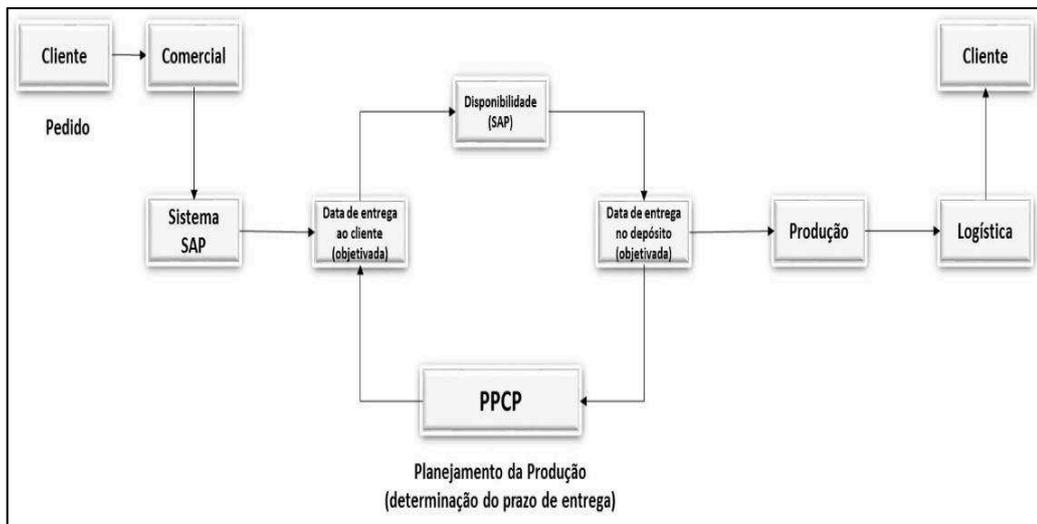


Fonte: Elaborado pelo autor

## 4.2 FLUXO GERAL DO PROCESSO

Para melhor entendimento do desdobramento das tarefas de cada setor, sugeriu-se a elaboração de um fluxograma, conforme o esquematizado na Figura 15. Essa ação permitiu maior visibilidade das responsabilidades exercidas por cada área dentro do planejamento de modo geral.

**Figura 15 - Fluxograma do processo**



**Fonte: Elaborado pelo autor**

### 4.3 PLANEJAMENTO DA DEMANDA

O processo de planejamento na usina baseia-se no conceito S&OP, tendo as devidas revisões das previsões, ocorrendo mensalmente e variando de acordo com o tipo da demanda, podendo ser ela restrita ou irrestrita.

A demanda irrestrita é definida pelo planejamento operacional junto à área comercial, os quais realizam uma estimativa de previsão de venda, planos de produção, entrega ao depósito, faturamento e transferência de material entre unidades, num horizonte de até 180 dias (Mês atual + 5).

O planejamento da demanda restrita é realizado entre unidades, tendo os mesmos objetivos do planejamento de demanda irrestrita, porém o horizonte é restringido à 60 dias (Mês atual + 1).

Uma das resultantes da equação planejar é a necessidade propriamente dita, expressa em cotas quanto em nível comercial e ocupação quando em nível operacional, numa base de dados digital compartilhada gerida como carteira de pedidos, a interação dessas informações será demonstrada no decorrer do estudo;

### 4.3.1 Ciclo S&OP

Consiste-se por etapas distintas na organização com o objetivo em comum de montagem do plano estratégico de produção, considerando variáveis como calendário do mês planejado, paradas para manutenção e capacidade efetiva. As etapas são definidas conforme dispostas no fluxo da Figura 16:

**Figura 16 - Fluxo S&OP**



Fonte: MONTEIRO (2013) adaptado pelo autor

## 4.4 HORIZONTES E DISPONIBILIDADES

As ordens de venda são controladas de acordo com um status inserido pelas áreas comercial e PPCP em cada ordem via sistema ERP, os status que variam de 1 a 3, são demonstrados posteriormente na carteira, através de conexão via sistemas SAP e Broner, esses status interferem na forma com que se planejam os horizontes e disponibilidade de carteira ao longo do mês, cada status de ordem de venda é definido conforme segue:

- **Status 1 – Período livre para a entrada de ordens:**

Horizonte no qual se verifica a disponibilidade de capacidade de produção das ordens em carteira. Período livre para que as ordens de venda sejam modificadas/canceladas sem impacto em seu atendimento ou na capacidade como um todo, em geral realizado no início do mês (1 à 10);

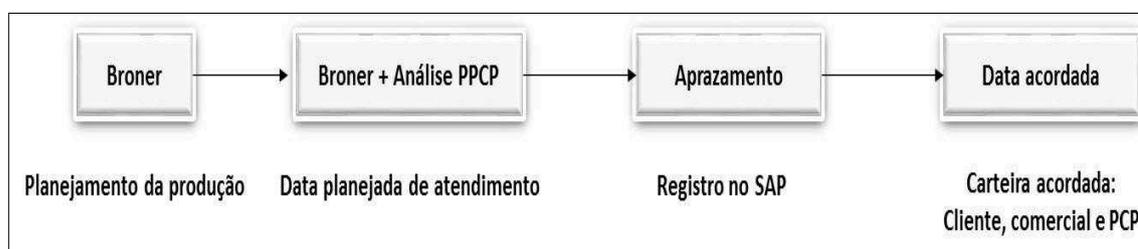
- **Status 2 – Aprazamento e corte de carteira:** Período em que é elaborada a programação de produção de médio prazo da carteira referente ao ciclo de atendimento. Com base neste programa são estabelecidas as datas firmes de atendimento, em geral realizado dos dias 11 ao 20 de cada mês;

- **Status 3 – Período firme:** Acompanhamento e refinamento do programa de produção. Gestão das ordens de venda em carteira, execução da produção e entrada do produto no estoque, execução logística – remessa, faturamento, saída de mercadoria e entrega, em geral realizado na última dezena de cada mês;

#### 4.5 CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS E APRAZAMENTO

Ao aprazar as ordens de venda, as variáveis pertinentes às características de cada produto fazem-se implicantes nos tempos de fila, as informações são obtidas no ERP no módulo de cadastro básico de cada produto e são obtidos pelo sistema Broner para uma análise computacional de cenários inicial, de acordo com a Figura 17.

**Figura 17 - Fluxo de determinação da data acordada**



Fonte: Elaborado pelo autor

A análise Broner, se fundamenta na teoria das filas, de modo lógico, o sistema delimita as possibilidades de acordo com a restrição de cadastro básico de cada material, ocupação da capacidade dos equipamentos e data requerida pelo cliente e desta forma, sugere então para o departamento de PPCP, informações como a quantidade de aço a vazar na aciaria, projeção de data de laminação e data projetada de entrega ao depósito toda projeção feita da frente para trás, com base na análise Broner, é possibilitado ao departamento de PPCP estruturar o processo de planejamento, projetando por exemplo, um cronograma de laminação que contemple as bitolas demandas no período e oferecer uma estimativa de quando o pedido do cliente será entregue no depósito.

#### 4.5.1 Variáveis do cadastro básico de engenharia do processo

Para efeitos de compreensão, a Tabela 1 apresenta dados de cadastro básico de engenharia, do forno de tratamento térmico de barras, fornecendo as diversas características de cada ciclo de tratamento para cada determinado produto, os tempos de ciclo são usados pelo sistema Broner para estimativa de uma data alvo de entrega do pedido no depósito.

**Tabela 1 - Produtividade teórica de ciclos de tratamento térmico**

<b>Ciclo</b>	<b>Ton./turno</b>	<b>Ton./hora</b>
Ciclo x1	95	11,88
Ciclo x2	60	7,5
Ciclo x3	40	5
Ciclo x4	45	5,625
Ciclo x5	25	3,125
Ciclo x6	37	4,4625
Ciclo x7	15	1,875
Ciclo x8	40	5
Ciclo x9	30	3,75
Ciclo x10	37	4,625

**Fonte: Elaborada pelo autor**

#### 4.6 MONTAGEM DA CARTEIRA DE PEDIDOS

A Carteira de Pedidos, se origina das informações que obedecem a um fluxo pré-estabelecido, conforme mostrado no fluxograma das Figuras 24 e 25.

Mediante a entrada das ordens de venda no SAP, estas são incluídas na carteira por conexão lógica entre os bancos de dados dos sistemas SAP e Broner. A relação consolidada de ordens a processar é acessada pelo computador, utilizando uma linguagem de consulta estruturada, a carteira é obtida em um arquivo Excel, em formato de tabela conforme exemplo mostrado na Tabela 2.

**Tabela 2 - Carteira de pedidos**

ORDEM DE VENDA	CLIENTE	PRODUTO	FORMA	AÇO	TOTO	BITOLA	QUANTIDADE	DATA
OV2017/110	CLIENTE X1	Barra laminada	Redondo	1020	STT	46,0	59,0	29/10/2017
OV2017/120	CLIENTE X2	Bobina fio máquina	Redondo	1040	ESF	57,0	45,0	17/10/2017
OV2017/130	CLIENTE X3	Bobina fio máquina	Redondo	1060	ESF	27,0	99,0	24/09/2017
OV2017/140	CLIENTE X4	Bobina fio máquina	Redondo	1080	STT	44,0	57,0	25/11/2017
OV2017/150	CLIENTE X5	Barra laminada	Quadrado	1100	ESF	22,0	79,0	04/12/2017
OV2017/160	CLIENTE X6	Barra laminada	Sextavado	1120	ESF	29,0	44,0	10/12/2017
OV2017/170	CLIENTE X7	Barra laminada	Chato	1140	STT	31,0	24,0	26/10/2017
OV2017/180	CLIENTE X8	Barra laminada	Chato	1160	ESF	57,0	99,0	31/10/2017
OV2017/190	CLIENTE X9	Arame trefilado	Redondo	1180	REC	55,0	82,0	14/11/2017
OV2017/200	CLIENTE X10	Barra laminada	Chato	1200	STT	50,0	20,0	05/10/2017
OV2017/210	CLIENTE X11	Barra laminada	Quadrado	1220	STT	42,0	23,0	31/12/2017
OV2017/220	CLIENTE X12	Arame trefilado	Redondo	1240	ESF	53,0	55,0	22/12/2017
OV2017/230	CLIENTE X13	Arame trefilado	Quadrado	1260	REC	8,0	65,0	01/01/2018
OV2017/240	CLIENTE X14	Barra trefilada	Quadrado	1280	STT	43,0	20,0	18/10/2017
OV2017/250	CLIENTE X15	Barra trefilada	Redondo	1300	ESF	62,0	83,0	18/11/2017
OV2017/260	CLIENTE X16	Barra trefilada	Redondo	1320	ESF	25,0	43,0	12/12/2017
OV2017/270	CLIENTE X17	Barra trefilada	Redondo	1340	STT	16,0	100,0	24/11/2017
OV2017/280	CLIENTE X18	Bobina fio máquina	Redondo	1360	STT	12,0	29,0	30/11/2017
OV2017/290	CLIENTE X19	Bobina fio máquina	Redondo	1380	ESF	61,0	55,0	22/12/2017
OV2017/300	CLIENTE X20	Bobina fio máquina	Sextavado	1400	STT	48,0	71,0	19/10/2017

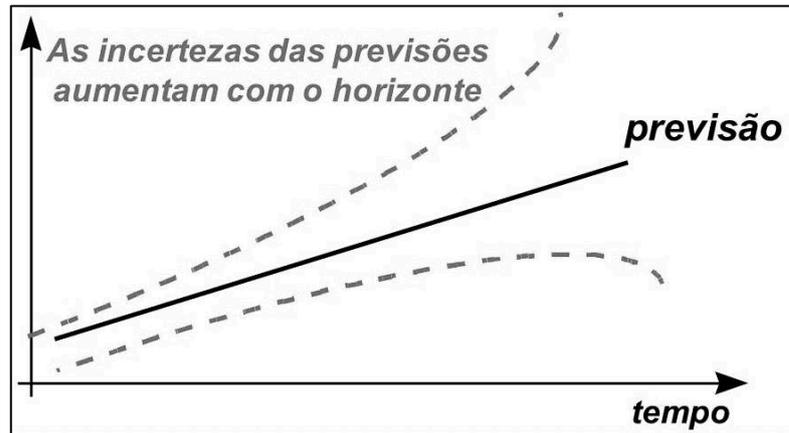
**Fonte: Elaborada pelo autor**

O processo de aprazar as ordens como descrito no capítulo anterior, se fundamenta inicialmente, na análise das capacidades e tempos médio de fila de cada equipamento, uma vez inseridas no sistema, as ordens de venda passam a ter status 1. Quando aprazadas pelo PPCP assumem status 3 na carteira, logo têm-se a relação de ordens a serem atendidas até a data acordada.

#### 4.6.1 Inclusão de pedidos

As inclusões de pedidos, são eventos que ocorrem no processo de planejamento dado o horizonte de previsão. Corrêa (2008), mostra que a incerteza na previsão da demanda, aumenta conforme o horizonte de planejamento é maior, vide Figura 18.

**Figura 18 - Previsão da demanda**



Fonte: CORRÊA, GIANESI, CAON, p. 25 (2008)

Portanto, o horizonte de previsão menor, apesar de possibilitar produzir com maior aderência às necessidades do mercado, gera impactos no processo de planejamento. Inclusões de pedidos ocorrem sempre que o cliente identifica a necessidade no seu processo de planejamento, em contato com o comercial formaliza a necessidade e cabe ao PPCP, aceitar ou recusar o pedido de acordo com a capacidade, ocupação de produção do período de planejamento e o impacto a ser gerado na carteira por essa inclusão, como exemplo Figura 19.

**Figura 19 - Esquema de análise para o aceite de inclusões**



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.7 MEDIÇÃO INICIAL DO NÍVEL DE ATENDIMENTO AO PRAZO

Inicialmente, o modo adotado se baseia na observação do atraso geral da usina num relatório gerencial reportado diariamente que consolida além do atraso, os ritmos de produção de aciaria, laminadores, forno de tratamento térmico de barras e bobinas, áreas de inspeção, entrega ao depósito e faturamento.

As informações de atraso, são exibidas numa tabela no relatório por área conforme mostrado na Tabela 3.

**Tabela 3 - Informação de atraso no relatório gerencial**

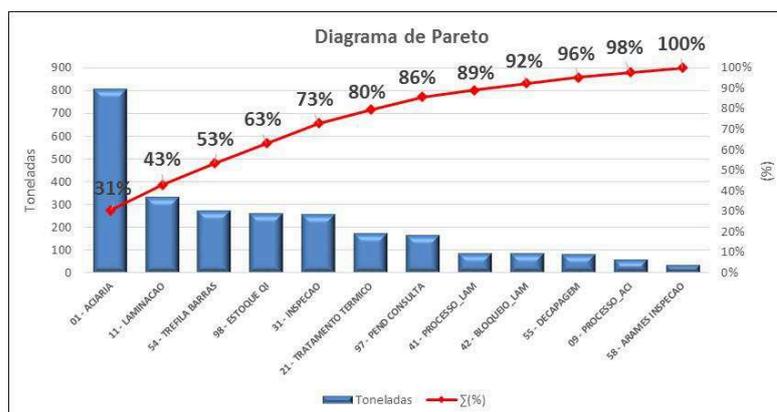
	ATRASO		
	A PRODUZIR	QM	TOTAL
FORJARIA	23	0	23
INSPEÇÃO - FM	330	119	449
INSPEÇÃO - LINHA	1.050	138	1.188
INSPEÇÃO - MESA	762	180	942
TREFILAÇÃO DE ARAMES	215	44	259
TREFILAÇÃO DE BARRAS	332	35	367
TOTAL GERAL	2.711	517	X 3228

**Fonte: Elaborado pelo autor**

##### 4.7.1 Gráfico de Pareto

Utilizando-se da carteira do período, elencou-se o volume em atraso, suas respectivas áreas, ordenou-se da maior tonelagem para a menor numa tabela dinâmica, conforme modelo mostrado na Tabela 4 e em seguida, elaborou-se um gráfico de Pareto, conforme a Figura 20.

**Figura 20 - Diagrama de Pareto - Distribuição do atraso**



Fonte: Elaborado pelo autor

A Tabela 4 demonstra os dados da quantidade de atraso nas áreas na usina siderúrgica, dados dos quais foi elaborado o gráfico de Pareto conforme Figura 20.

**Tabela 4 - Distribuição do atraso na carteira do período**

Área	Toneladas	(%)	Σ(%)
01 - ACIARIA	810,187	31%	31%
11 - LAMINACAO	333,991	13%	43%
54 - TREFILA BARRAS	276,223	10%	53%
98 - ESTOQUE QI	260,615	10%	63%
31 - INSPECAO	257,005	10%	73%
21 - TRATAMENTO TERMICO	176,149	7%	80%
97 - PEND CONSULTA	166,801	6%	86%
41 - PROCESSO_LAM	87,652	3%	89%
42 - BLOQUEIO_LAM	86,399	3%	92%
55 - DECAPAGEM	81,513	3%	96%
09 - PROCESSO_ACI	59,796	2%	98%
58 - ARAMES INSPECAO	33,663	1%	100%
<b>Total Geral</b>	<b>2655,968</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Logo, verificou-se que a área da Aciaria, detinha no período cerca de 31% da tonelagem em atraso, estando cerca de 810t aguardando o processo de lingotamento. A área de laminação, detinha no período cerca de 333t aguardando processo. A trefila de barras detinha cerca de 10% do atraso, sendo 276t aguardando trefilas. Totalizando apenas as 3 primeiras áreas, um impacto de mais de 50% no atraso total do período.

## 4.8 MAPEAMENTO E SELEÇÃO DE CAUSAS

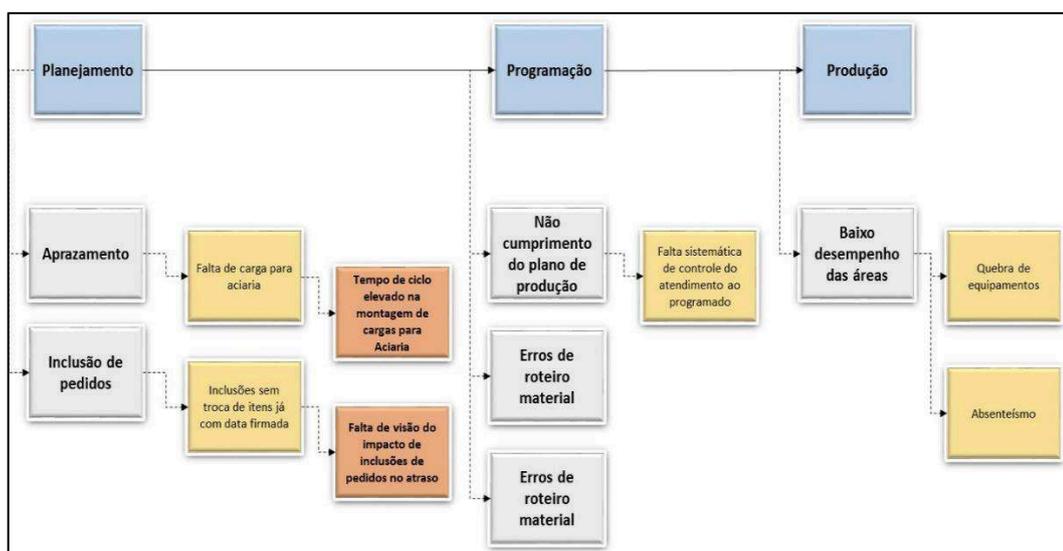
Para viabilizar a continuidade do estudo, proveu-se a criação de uma equipe que envolveu os programadores de produção, cujos quais vivenciam diariamente as atividades das áreas sob comando do PPCP.

A declaração de negócio, modelo corporativo, disponível na área para consulta foi posta à análise mediante os quadros reais, verificando-se o quão aderente o processo PPCP, seus inputs e outputs, estava em relação ao mesmo. O mapeamento do processo, segundo a declaração de negócio do PPCP, é observado conforme demonstrado na Figura 12.

### 4.8.1 Árvore de Causas

A construção de uma árvore de causas foi realizada, fundamentando-se nos mesmos critérios da declaração de negócio: planejamento, programação e produção. A elaboração em equipe, possibilitou o exercício do brainstorming e maior agilidade na determinação de prioridades de trabalho, à cerca da investigação das possíveis causas da falta de atendimento ao prazo. O modelo causal proposto, de modo abreviado, é mostrado na Figura 21.

**Figura 21 - Árvore de causas abreviada**



Fonte: Elaborado pelo Autor

#### 4.8.2 Elaboração do PFMEA

Verificou-se que para a determinação das prioridades, demandou-se a elaboração de um PFMEA, dado que diversos aspectos foram sendo originados pela investigação e o objetivo desse estudo se baseia na utilização de algoritmos na gestão das informações, um PFMEA contribuiria com a determinação de um grau de prioridade de ações por cada modo de falha do processo. Desse modo, o coeficiente RPN (*Risk Priority Number*) foi dado por:

- Nível de criticidade da atividade: O quão crítica a atividade é para o processo em análise;
- Nível de ocorrência: O quão em média, é frequente o modo de falha no período;
- Nível de detecção: Quão detectável é a falha;

Por fim, elencou-se cada possível causa num arquivo em Excel, conforme mostrado na Figura 22, pontuou-se cada critério de 1 à 5, conforme regras de pontuação definida pela equipe, mostrada na Tabela 5.

**Tabela 5 - Regras de pontuação definida no PFMEA**

SEVERIDADE	Valor	Efeito
	5	Efeito moderado
	3	Efeito pequeno
	1	Sem efeito
OCORRÊNCIA	Valor	Efeito
	5	Ocorrência moderada
	3	Ocorrência pequena
	1	Sem ocorrência
DETECÇÃO	Valor	Efeito
	5	Não detectável
	3	Grande chance de ser detectado
	1	Sempre é detectado

**Fonte: Elaborado pelo autor**

Logo, o coeficiente RPN, obteve-se conforme a fórmula:

$$RPN = Severidade * Ocorrência * Detecção$$

Figura 22 - PFMEA - Análise dos Modos de Falhas

ITEM	Requisito	Modo de falha potencial	Efeitos potenciais da falha	S	Classe*	Causas potenciais da falha	Controle - prevenção	O	Controle - Detecção	D	RPN
APRAZAMENTO DAS OVS	Obedecer regra de aprazamento conforme parâmetros estabelecidos no Broner de capacidade e tempos de fila	Sugestão do sistema para aprazamento das Ovs	Sugestão do sistema não permite tempo adequado para processamento das ordens	5	A	Capacidades de produção desatualizada	Controle engenharia de processo	6	ERP	10	300
				5	A	Desconhecimento dos tempos de fila	Matriz de treinamentos	7	nenhum	10	350
				5	A	Erro no cadastro dos tempos de fila	Controles engenharia de processo	7	ERP	10	350
				5	A	Não há procedimento no aprazamento com tempos de fila	nenhum	6	nenhum	10	300
				5	A	Não respeitar tempo de fila para as datas	Checar Cronograma de laminação	9	nenhum	10	450
PROGRAMAÇÃO	Disponibilizar a programação para as áreas obedecendo critérios de planejamento	Realizar a gestão do atraso	Atraso da área excede o esperado	8	PCP	Não rotina para gestão do atraso	nenhum	9	Relatório gerencial, carteira	8	576
				8	PCP	Falta visibilidade da quantidade de atraso gerado pela estratégia escolhida	nenhum	9	Relatório gerencial, carteira	8	576
INCLUSÃO DE PEDIDOS	Realizar a inclusão mediante negociação de ordens de venda	Negociação da data de entrega da inclusão	Atraso gerado por não produzir pedido	8	PCP	Faltar método de mensurar impacto de inclusões	nenhum	9	cronogramas de produção	9	648

Fonte: Elaborado pelo autor

A partir do coeficiente RPN, ações para controle do modo de falha foram tomadas e realizou-se novamente o PFMEA, conforme Figura 23.

Figura 23 - PFMEA - Análise Modo de Falha - Pós ações.

ITEM	Requisito	Modo de falha potencial	Efeitos potenciais da falha	S	Classe*	Ações Recomendadas	Responsável e Prazo	Ações Tomadas e data efetiv	S	O	D	RPN
APRAZAMENTO DAS OVS	Obedecer regra de aprazamento conforme parâmetros estabelecidos no Broner de capacidade e tempos de fila	Sugestão do sistema para aprazamento das Ovs	Sugestão do sistema não permite tempo adequado para processamento das ordens	5	A	Audit diariamente	Estagiário - Imediato	Verificação das capacidades diárias - 23/05/2017	5	6	7	210
				5	A	Treinar PCP sobre o tema	an. qualidade - 28/04/2017	Ação ok - 23/04/2017	5	3	5	75
				5	A	Revisar periodicamente tempo com a engenharia	Acessor técnico - 05/05/2017	Elaborado cronograma de revisões anual, processo em revisão	4	2	5	40
				5	A	Elaborar procedimento com base nos tempos de fila e treinar.	an. qualidade - 05/05/2017	Ação ok - 12/05/2017	3	3	0	
				5	A	Inserir sinalização na ordem que não respeitar tempo de fila	Acessor técnico - 12/05/2017	Inserido sinalização na carteira - 19/05/2017	5	9	5	225
PROGRAMAÇÃO	Disponibilizar a programação para as áreas obedecendo critérios de planejamento	Realizar a gestão do atraso	Atraso da área excede o esperado	8	PCP	Elaborar relatório de atraso	Estagiário - 03/05/2017	Ação OK - 27/04/2017	8	5	5	200
				8	PCP	Elaborar ferramenta de apoio a decisão	Estagiário/Acessor técnico - 30/03/2017	Ação OK - 30/05/2017	7	5	7	245
INCLUSÃO DE PEDIDOS	Realizar a inclusão mediante negociação de ordens de venda	Negociação da data de entrega da inclusão	Atraso gerado por não produzir pedido	8	PCP	Elaborar simulador de movimentação de carteira	Estagiário/Acessor técnico - 14/03/2017	Ação OK - 30/05/2017	7	5	7	245

Fonte: Elaborado pelo autor

A ação outrora citada possibilitou por meio da pontuação estimada pela ferramenta, projetar as prioridades de atuação por nível de necessidade contemplada pelo coeficiente RPN avaliados individualmente nas reuniões feitas pela equipe.

4.8.3 Falta de sistemática para projeção de atraso no mês

Com o intuito de inicialmente permitir uma maior visibilidade do atendimento ao prazo e a projeção do atraso ao longo do mês, criou-se um relatório com base na carteira de pedidos, que fornece basicamente 4 informações aos programadores do PPCP, Figura 24:

- **Gráfico de colunas verde:** Atraso atual;
- **Gráfico de colunas roxo:** Carteira a vencer no dia;
- **Linha pontilhada:** Limite máximo esperado;
- **Gráfico de área azul:** Vencimento acumulado de carteira;

Figura 24 - Relatório de atraso



Fonte: Elaborado pelo autor.

Utilizou-se do mesmo formato de medição para todas as áreas sob responsabilidade de programação de produção do departamento, consolidou-se as informações de cada área e iniciou-se seu reporte diário. O cálculo do limite máximo esperado, foi feito obedecendo a ocupação de cada área no plano S&OP de entrega ao depósito, revisado a cada nova previsão mensal, conforme disposto abaixo:

$$LME = \frac{\text{Plano PCP área}}{\text{Plano S\&OP de depósito total}} * 2000$$

Essa primeira ação inicialmente contribuiu na visualização de carteira excedente à linha de LME – Limite Máximo Esperado e dessa forma, planejar a postergação da data de entrega de pedidos com a área comercial, caso necessário. Posteriormente contribuiu para a decisão de prioridades de atuação no atraso PPCP.

## **4.9 ELABORAÇÃO DA ROTINA EM VBA**

A falta de uma sistemática para a projeção do atraso no período, como frente de trabalho principal, evidenciou a necessidade de existência de uma ferramenta que o fizesse em tempo hábil e que possibilitasse sua utilização por ambas as áreas PPCP e Comercial, bem como a oportunidade de criação de uma lógica que tivesse função semelhante a curtíssimo prazo, como exemplo uma programação de produção para o dia seguinte. Desse modo, decidiu-se em senso comum pela equipe, a criação de duas rotinas utilizando algoritmos computacionais, a primeira possibilitaria a simulação de ocupação das capacidades dos equipamentos tendo como base a carteira de pedidos e as capacidades S&OP do período, e assim fornecer informações do comportamento do volume em atraso ao longo do período planejado.

A segunda ferramenta teria função semelhante à da primeira, porém seria utilizada para um horizonte mais curto: a frente de programação de produção. Apresentaria o atraso gerado por 3 tipos de cenários para o programador de PCP, um cenário que prioriza as ordens de produção por produtividade, o segundo que prioriza as ordens de produção por atendimento ao prazo e o último que seria uma sequência de ordens de produção plenamente customizável pelo programador de PCP.

### **4.9.1 Ferramenta de simulação**

#### **4.9.1.1 Definição das funcionalidades**

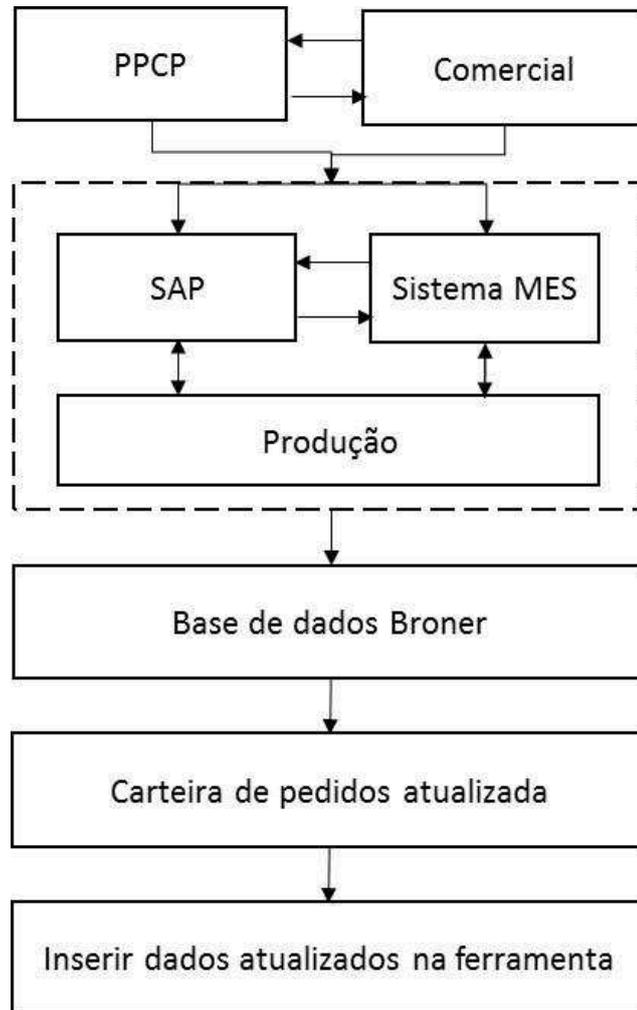
Em concordância com o objetivo outrora citado em 4.9, a ferramenta de simulação atenderia os requisitos estabelecidos, conforme segue:

- **Utilização da carteira de pedidos como base de dados:** Essa funcionalidade, permite que a análise a ser feita, esteja consistente com o cenário de demanda atualizado, pois é um relatório obtido da base de dados do sistema ERP, utilizando linguagem de consulta estruturada.
- **Visualização do calendário de produção das áreas:** Essa característica, permite que o usuário, edite a ocupação dos equipamentos de cada área, de acordo com o plano PPCP de produção no período. Permite a inserção de paradas dos equipamentos nos dias selecionados, para manutenção preventiva, finais de semana, jornadas de trabalho, entre outros.
- **Estimativa de comportamento de carteira em atraso:** Essa função, possibilita que o usuário visualize o comportamento do atraso ao longo dos dias, em outras palavras, o que entra e o que sai do atraso ao longo do calendário de produção e assim permitir ao programador se anteceder ao cenário projetado de gestão de carteira.
- **Reformulação da data acordada de acordo com o equipamento:** Uma das características mais relevantes, observar aonde a ordem de produção está parada na cadeia produtiva e com base nos parâmetros de tempos de fila do sistema Broner, acrescer uma somatória de tempo contando a partir do dia corrente, e com bases nas estimativas feitas pelos algoritmos, oferecer uma nova promessa de entrega da ordem no depósito à área comercial.

#### 4.9.1.2 Fluxo de dados

A obtenção da carteira atualizada é feita diariamente pelo programador de cada área e depende dos dados inseridos pela área comercial e PPCP a nível de cotas e ocupação. Quando se trata de ordens de produção, o PPCP as cria no sistema SAP, carrega no sistema de programação à curto prazo, a produção é incumbida de seguir a programação e apontar as devidas ordens de acordo com os respectivos status, dessa forma, o sistema ERP obtém os dados e atualiza a carteira, fluxo Figura 25.

Figura 25 - Fluxo dos dados

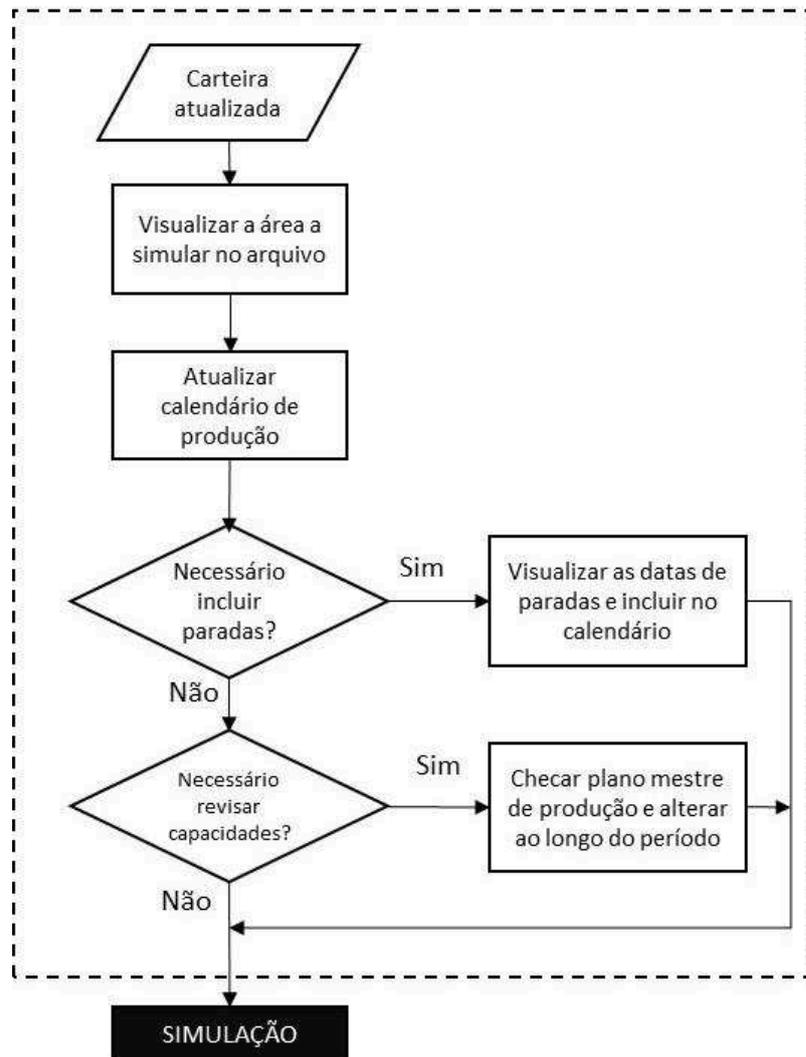


Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.9.1.3 Configuração e atualização dos dados:

Com o propósito de manter os calendários de produção em constante revisão, sugeriu-se a configuração prévia dos dados de cada área, a ser feita antes de cada rodagem da simulação do cenário na ferramenta, o fluxo do processo é mostrado na Figura 26.

**Figura 26 - Fluxo de configuração da ferramenta de simulação**



**Fonte: Elaborado pelo autor**

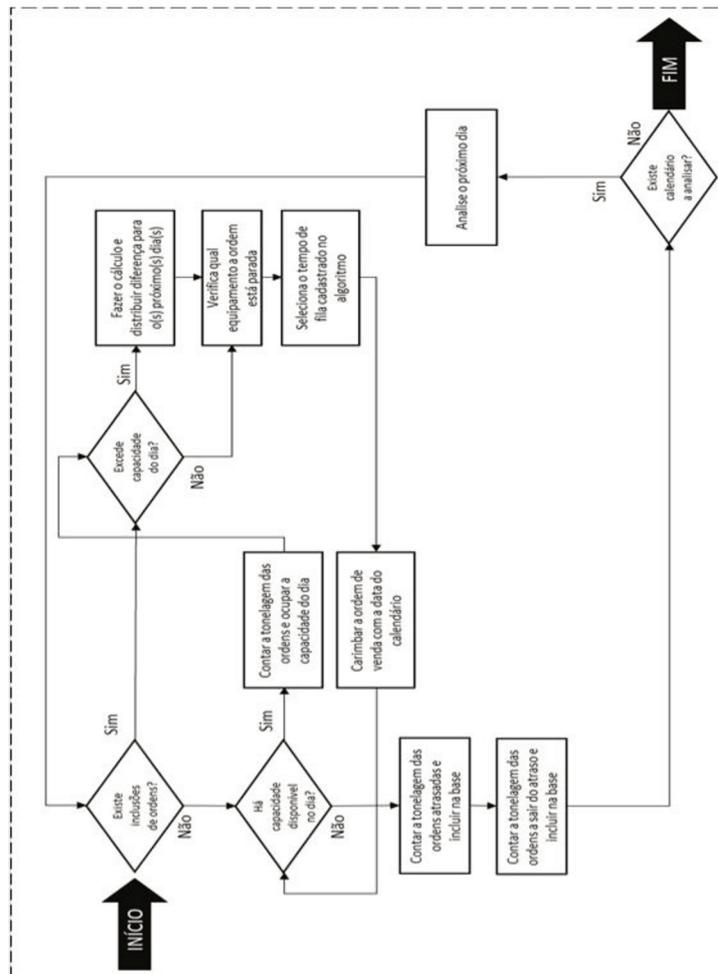
Nesse modelo, a simulação possibilita resultados com relativa acurácia, porém é necessário que o usuário, o programador ou representante da área comercial, esteja constantemente informado sobre as limitações de cenário do processo, no caso do PPCP, podemos citar as paradas de produção e campanhas de laminação que contemplam um grupo finito de bitolas, como exemplos.

#### 4.9.1.4 Simulação

Rotina de verificação das datas e tonelagem das ordens de venda Rotina de verificação das datas e tonelagem das ordens de venda. Após configuradas as devidas atualizações de carteira e capacidade, realiza-se a partida da lógica, a

manipulação dos dados é mostrada conforme o fluxo da Figura 27, outrossim é mostrado no capítulo de anexos sua forma codificada em algoritmos.

**Figura 27- Rotina de verificação das datas e tonelagem das ordens de venda**



Fonte: Elaborada pelo autor

## 4.10 FERRAMENTA DE PROGRAMAÇÃO

### 4.10.1 Definição das funcionalidades

Essa ferramenta consiste-se num arquivo em Excel, elaborado com formulários de controle no VBA, no qual objetiva exibir 3 tipos de programação diferentes entre si, interface conforme Figura 28. Em concordância com o objetivo outrora citado em 4.9, a ferramenta de programação se fundamenta nos seguintes critérios:

- **Utilização da carteira de pedidos como base de dados:** Essa funcionalidade permite que a análise a ser feita, esteja consistente com o cenário de demanda atualizado, pois é um relatório obtido da base de dados do sistema ERP, utilizando linguagem de consulta estruturada.
- **Sequenciamento das ordens de produção por produtividade:** A macro sequencia as ordens de produção, pelo menor tempo de setup estabelecido pela engenharia de processo, nas trocas de bitola das barras/fio laminados/trefilados, ou trocas de ciclo de tratamento térmico, dependendo do equipamento a ser programado e com base na data de entrega da ordem na carteira de pedidos, faz uma projeção do atraso gerado por aquele modelo de “programação-produtividade”. Nas Tabelas 6 e 7, é exposto respectivamente o tempo de setup entre diferentes trocas de bitolas, e o modelo de tabela com o início e fim de um programa hipotético.

**Tabela 6 - Tempo de troca entre bitolas dos produtos**

		ENTRA					
		10,5	20,5	30,5	40,5	50,5	60,5
<b>Jogo de ferramentas/bitola</b>							
SAI	10,5		00:08:45	00:13:30	00:16:45	00:36:30	00:49:30
	20,5	00:08:45		00:07:00	00:11:45	00:16:00	00:33:30
	30,5	00:13:30	00:07:00		00:22:15	00:24:45	00:30:15
	40,5	00:16:45	00:11:45	00:22:15		00:19:00	00:29:30
	50,5	00:36:30	00:16:00	00:24:45	00:19:00		00:24:15
	60,5	00:49:30	00:33:30	00:30:15	00:29:30	00:24:15	

**Fonte: Elaborado autor**

Tabela 7 - Modelo de programação objetivando menor tempo de troca de ferramentas

Seq	Ordem de produção	Bitola do produto	Peso da ordem (ton.)	Tempo de troca	Paradas de linha	Início do programa	Final do programa	Data entrega
10	OP1	10,5	18,4	00:05:00	00:00:00	16/10/2017 21:45	16/10/2017 21:50	12/10/2017
20	OP2	10,5	13,4	00:05:00	00:00:00	16/10/2017 21:55	16/10/2017 22:00	08/10/2017
30	OP3	10,5	12,4	00:00:00	00:00:00	16/10/2017 22:00	16/10/2017 22:00	24/10/2017
40	OP4	10,5	19,8	00:00:00	04:00:00	16/10/2017 22:00	17/10/2017 02:00	31/10/2017
80	OP5	20,5	22,3	00:00:00	00:00:00	17/10/2017 02:00	17/10/2017 02:00	01/11/2017
90	OP6	20,5	34,5	00:16:48	00:00:00	17/10/2017 02:17	17/10/2017 02:34	04/10/2017
100	OP7	30,5	32,1	00:00:00	00:00:00	17/10/2017 02:34	17/10/2017 02:34	28/09/2017
110	OP8	30,5	33,7	00:00:00	00:30:00	17/10/2017 02:34	17/10/2017 03:04	16/10/2017
120	OP9	30,5	45,6	00:11:45	00:00:00	17/10/2017 03:16	17/10/2017 03:28	18/10/2017
130	OP10	30,5	43,4	00:00:00	00:00:00	17/10/2017 03:28	17/10/2017 03:28	01/12/2017
50	OP11	40,5	53,6	00:07:00	00:00:00	17/10/2017 03:35	17/10/2017 03:42	09/11/2017
60	OP12	40,5	46,9	00:00:00	00:12:00	17/10/2017 03:42	17/10/2017 03:54	28/10/2017
70	OP13	40,5	66,8	00:00:00	00:00:00	17/10/2017 03:54	17/10/2017 03:54	21/10/2017
140	OP14	40,5	54,3	00:00:00	00:18:00	17/10/2017 03:54	17/10/2017 04:12	22/10/2017
150	OP15	40,5	39,8	00:22:06	00:00:00	17/10/2017 04:34	17/10/2017 04:56	25/10/2017
160	OP16	40,5	64,5	00:00:00	00:00:00	17/10/2017 04:56	17/10/2017 04:56	26/10/2017
170	OP17	50,5	79,8	00:00:00	00:36:00	17/10/2017 04:56	17/10/2017 05:32	04/10/2017
180	OP18	60,5	123,4	00:19:00	00:48:00	17/10/2017 05:51	17/10/2017 06:58	05/10/2017

Fonte: Elaborado autor

- **Sequenciamento das ordens de produção por data de entrega:** A macro sequencia as ordens de produção, a partir da data de entrega da ordem na carteira de pedidos, do mais antigo para o mais recente e faz uma projeção do atraso gerado pelo modelo de programação atendimento. A Tabela 8 exemplifica esse modelo de programação por entrega:

Tabela 8 - Exemplo de programação por atendimento

Seq	Ordem de produção	Bitola do produto	Peso da ordem (ton.)	Tempo de troca	Paradas de linha	Início do programa	Final do programa	Data entrega
100	OP7	30,5	32,1	00:07:00	00:00:00	16/10/2017 21:54	16/10/2017 22:01	28/09/2017
90	OP6	20,5	34,5	00:16:00	00:00:00	16/10/2017 22:17	16/10/2017 22:33	04/10/2017
170	OP17	50,5	79,8	00:29:00	00:00:00	16/10/2017 23:02	16/10/2017 23:31	04/10/2017
180	OP18	60,5	123,4	00:24:00	04:00:00	16/10/2017 23:55	17/10/2017 04:19	05/10/2017
20	OP2	10,5	13,4	00:49:00	00:00:00	17/10/2017 05:08	17/10/2017 05:57	08/10/2017
10	OP1	10,5	18,4	00:00:00	00:00:00	16/10/2017 21:54	16/10/2017 21:54	12/10/2017
110	OP8	30,5	33,7	00:13:00	00:00:00	16/10/2017 22:07	16/10/2017 22:20	16/10/2017
120	OP9	30,5	45,6	00:00:00	00:30:00	16/10/2017 22:20	16/10/2017 22:50	18/10/2017
70	OP13	40,5	66,8	00:22:00	00:00:00	16/10/2017 23:12	16/10/2017 23:34	21/10/2017
140	OP14	40,5	54,3	00:00:00	00:00:00	16/10/2017 23:34	16/10/2017 23:34	22/10/2017
30	OP3	10,5	12,4	00:16:00	00:00:00	16/10/2017 23:50	17/10/2017 00:06	24/10/2017
150	OP15	40,5	39,8	00:16:00	00:12:00	17/10/2017 00:22	17/10/2017 00:50	25/10/2017
160	OP16	40,5	64,5	00:00:00	00:00:00	17/10/2017 00:50	17/10/2017 00:50	26/10/2017
60	OP12	40,5	46,9	00:00:00	00:18:00	17/10/2017 00:50	17/10/2017 01:08	28/10/2017
40	OP4	10,5	19,8	00:00:00	00:00:00	17/10/2017 01:08	17/10/2017 01:08	31/10/2017
80	OP5	20,5	22,3	00:16:00	00:00:00	17/10/2017 01:24	17/10/2017 01:40	01/11/2017
50	OP11	40,5	53,6	00:08:00	00:36:00	17/10/2017 01:48	17/10/2017 02:32	09/11/2017
130	OP10	30,5	43,4	00:11:00	00:48:00	17/10/2017 02:43	17/10/2017 03:42	01/12/2017

Fonte: Elaborado pelo autor

- **Sequenciamento personalizado:** Nesse modelo, o programador de PPCP deve sequenciar as ordens de acordo com sua expertise. Na interface da ferramenta desenvolvida em VBA, é oferecida a opção “Programar manualmente”, nesse caso é realizado posteriormente pela lógica, a projeção de atraso gerado pelo modelo de programação personalizado.

**Figura 28 - Interface da ferramenta de programação**

Fonte: Elaborado pelo autor

- **Exibição dos impactos no atendimento:** Findo processo de sequenciamento das ordens de produção é exibida pela ferramenta, o atraso gerado por aquela programação sequenciada e então, o programador do PPCP avalia o menor impacto oferecido por cada programa, objetivando sempre um equilíbrio entre produtividade e atendimento.

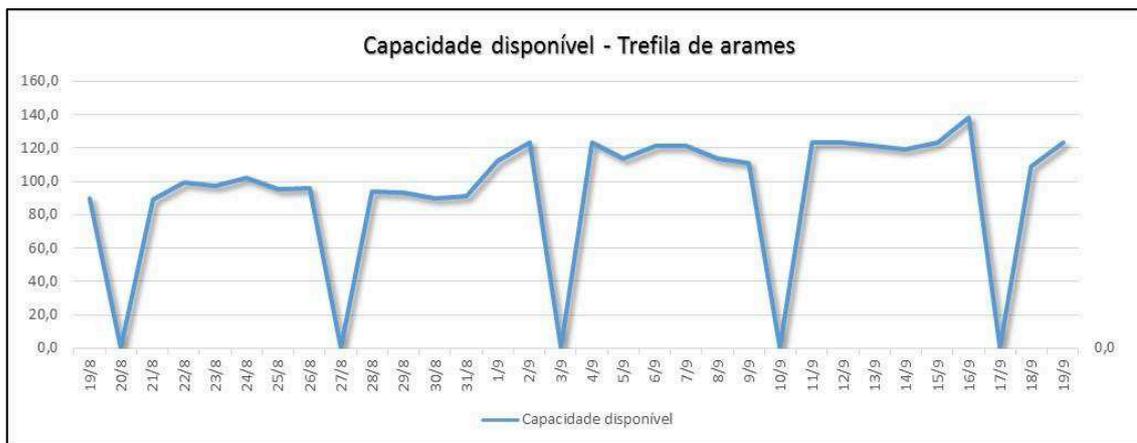
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS

Validado o modelo de simulação de cenários proposto, iniciou-se então o processo de análise dos resultados. Para esse estudo elaborou-se um modelo de cenário para a fábrica de arames, sob a carteira de pedidos, classificados de maneira aleatória com um horizonte de verificação de cerca de 30 dias.

Inseridos os dados de carteira e calendário de produção no arquivo principal, observa-se no gráfico da figura a capacidade disponível da área para o período em análise de 30 dias, os dias em que se observa capacidade igual à zero, representam os finais de semana, Figura 29.

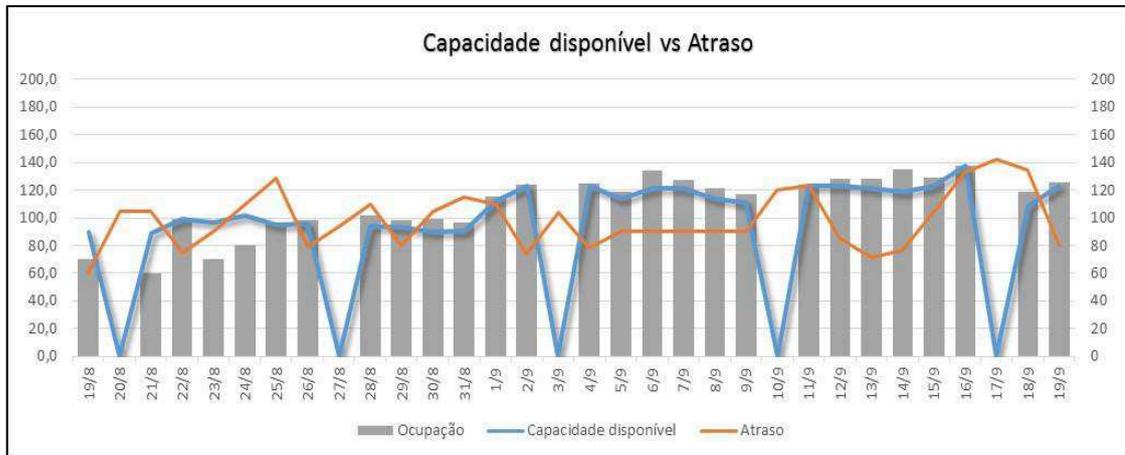
**Figura 29 - Gráfico de capacidade disponível do período**



**Fonte: Elaborado pelo autor**

Foi feito então uma primeira rodada da lógica com o intuito de observar o comportamento da carteira em atraso inicial, com as devidas ocupações de capacidade, Figura 30.

**Figura 30 - Gráfico de capacidade e ocupação projetada**



Fonte: Elaborado pelo autor

Logo, observa-se que entre os dias em que a função 'Atraso' excede a linha da função 'Capacidade disponível', existe a necessidade de atuação na gestão da carteira da área seja esta atuação uma nova negociação de data com a área comercial ou então um plano de aumento da capacidade para aquele determinado período.

Em seguida, verificou-se o comportamento da carteira em atraso, numa nova configuração, considerando a rodada dos equipamentos também nos finais de semana, conforme mostrado no gráfico da Figura 31.

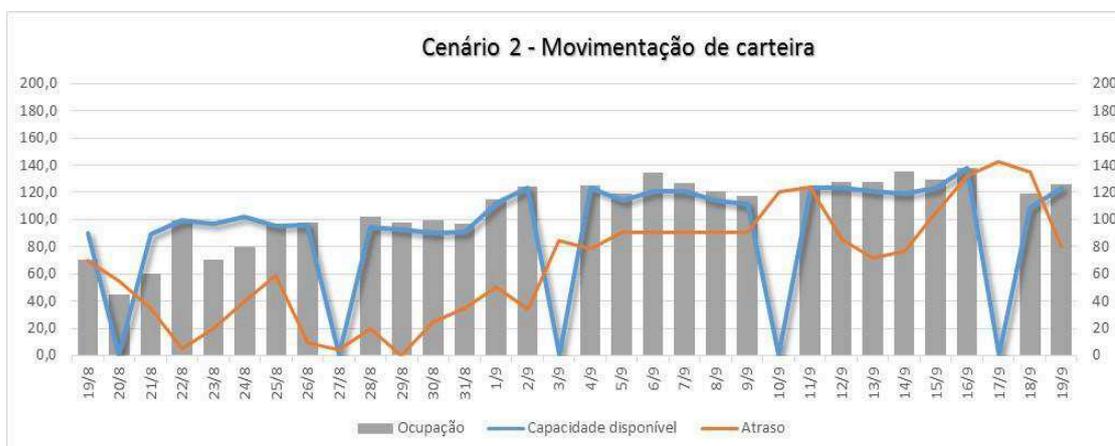
**Figura 31 - Simulação de cenário com aumento de capacidade**



Fonte: Elaborado pelo autor

Verificou-se então um novo cenário, cujo o qual se baseia apenas na movimentação de carteira, na Figura 32, o gráfico mostra uma postergação de ordens vincendas no término do mês de agosto para o início de setembro.

**Figura 32 - Simulação de cenário com movimentação de carteira**



**Fonte: Elaborado pelo autor**

Considerando somente as variáveis capacidade e prazo, as possibilidades expostas no cenário 1 e 2 possibilitam uma alternativa viável, vale lembrar que, tais possibilidades demandam uma interação do PPCP com as demais áreas e nem sempre tais propostas serão aceitas, no cenário 2 por exemplo, é necessário que o cliente final esteja de acordo em postergar seu pedido que já se encontra em atraso e ainda outras considerações devem estar pautadas na tomadas de decisão, considerações estas, como o custo final da estratégia adotada, Figura 32.

## 5.2 FERRAMENTA DE PROGRAMAÇÃO

A validação da ferramenta se deu por meio de comparativos dos sequenciais de programação obtidos pela lógica somado à experiência do programador de cada equipamento com dados históricos, viável para a confiabilidade da programação a ser gerada.

A Figura 33 mostra a ferramenta em funcionamento, que é executada logo ao abrir a planilha de programação, exibindo a somatória do atraso real e carteira a vencer das linhas 1 e 2 de um dia aleatório "x".

Figura 33 - Interface e atraso inicial

The screenshot shows a software window titled "Schedulling Tool" with a close button in the top right. The main content area is titled "Ferramenta de Programação Linhas de Inspeção".

On the left side, there are three input fields:

- Atraso atual:** 515 t
- Carteira a vencer:** 63 t
- Tendência de atraso:** (empty field)

In the center, there are two tabs: "Prog Linha 1" and "Prog Linha 2". Below the tabs are three main buttons:

- 1 - Atualizar dados das planilhas
- 2 - Gerar cenário
- 3 - Salvar Programação

Between the buttons, there are three radio button options:

- Priorizar produtividade;
- Priorizar atendimento ao prazo;
- Programar manualmente;

On the right side, there is a "Farol" section with two sub-sections:

**Atraso linha 1**

- Produtividade: 129 t
- Atend. prazo: 13 t
- Personalizado: 181 t

**Atraso linha 2**

- Produtividade: 108 t
- Atend. prazo: 22 t
- Personalizado: 61 t

At the bottom right, there are two buttons: "Salvar" and "Sair".

Fonte: Elaborado pelo autor

O campo "atraso atual" representa a quantidade em toneladas, de ordens de produção não entregues na data confirmada, presente na carteira. O campo "carteira a vencer" representa a quantidade em toneladas, de ordens de produção vencidas no dia aleatório "x".

Ao visualizar a janela inicial, mostrada na figura 32, o programador executa a atualização dos dados da planilha de programação e em seguida, cria um cenário de programação para produtividade e um para atendimento.

Depois de gerado cada cenário, a ferramenta exhibe no campo "Farol" a quantidade gerada de atraso para cada simulação.

No campo "Tendência de atraso" é mostrado a somatória dos campos "Atraso atual", "Carteira a vencer" e da sequência de programação escolhida na caixa de combinação "Farol".

A Tabela 9, ilustra o impacto dos diferentes tipos de programação para a Linha 1, montados com o auxílio da ferramenta de programação em VBA, realizado para um dia de produção aleatório, para efeito de estudo.

**Tabela 9 - Atraso gerado por tipo de programação**

Programação	Qt a produzir (t)	Bitolas de laminação	Liga	Nível de atraso (t)	Duração do programa	Tempo total entre troca de bitolas
Produtividade	100,0	64,9 - 53,2 - 48,5	Aço A	129,0	12 horas	1 hora
Atendimento	100,0	48,5 - 64,9 - 53,2	Aço A	42,0	15 horas	3 horas
Personalizado	100,0	53,2 - 64,9 - 48,5	Aço A	81,0	13 horas	1,5 horas

**Fonte: Elaborado pelo autor**

Os modelos de programação das ordens de produção gerados pela ferramenta de programação mostram que a análise a ser realizada pelo programador de PPCP, não deve estar centrada em apenas uma linha de raciocínio, a decisão de qual programa executar, pode estar atrelada a outros fatores, como o tempo de setup entre bitolas.

Num sequenciamento ótimo, o tempo de setup se reduziria a 1 hora, contudo, a execução desse modelo de programação através da lógica em VBA, busca trazer ordens de produção com a mesma faixa de bitola para um mesmo programa e desta forma, produz o máximo possível daquelas faixas de bitola, reduzindo o tempo de setup entre elas, contudo o atraso gerado para essa simulação é de 129 toneladas no dia.

O modelo de programação que visa atendimento, por outro lado, sequencia as ordens de produção da data de entrega mais próxima para a mais longe. Esse cenário desconsidera o tempo necessário entre trocas de ferramental da linha 1, desse modo observa-se o maior pico desse tempo dentre os três modelos de programação, em contrapartida, apresenta o menor nível de atraso gerado no dia para a linha 1.

O sequenciamento personalizado realizado pelo programador exige na sua elaboração, que o programador acesse a base de dados com o número das ordens e congele as ordens de programação as quais não é desejado que a macro realize algum tipo de movimentação dentro do programa. Essa funcionalidade evidenciou uma grande qualidade da ferramenta, pois permite que o programador busque um equilíbrio entre o atendimento e a performance, alinhado a necessidades da usina.

### 5.3 MEDIÇÃO INICIAL DO NÍVEL DE ATENDIMENTO AO PRAZO (APÓS)

Após a validação das ferramentas nas áreas observou-se as seguintes informações no fechamento do relatório gerencial dos meses de Julho e Agosto, Tabela 10 e Tabela 11.

Tabela 10 - Fechamento atraso Julho

	ATRASO		
	A produzir	QM	total
ACIARIA - LINGOTAMENTO CC	128	0	128
FORJARIA	18	0	18
INSPEÇÃO - FM	646	81	726
INSPEÇÃO - LINHA	407	40	447
INSPEÇÃO - MESA	460	56	516
TREFILAÇÃO DE ARAMES	321	53	374
TREFILAÇÃO DE BARRAS	254	16	270
<b>Total geral</b>	<b>2.233</b>	<b>245</b>	<b>X 2478</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Em Julho, verificou-se uma diminuição de 17% em relação à média de atraso no primeiro semestre e no mês de Agosto, uma diminuição de cerca de 21% em relação ao mesmo intervalo de referência.

Tabela 11 - Fechamento atraso Agosto

	ATRASO		
	A produzir	QM	total
ACIARIA - LINGOTAMENTO CC	125	0	125
FORJARIA	9	0	9
INSPEÇÃO - FM	590	13	603
INSPEÇÃO - LINHA	397	21	418
INSPEÇÃO - MESA	448	35	483
TREFILAÇÃO DE ARAMES	313	51	364
TREFILAÇÃO DE BARRAS	201	11	212
<b>Total geral</b>	<b>2.083</b>	<b>131</b>	<b>X 2214</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

De acordo com a Figura 34, em janeiro havia em atraso 3228,00 ton. em atraso e com o uso da ferramenta de simulação em agosto, período em que foi realizada a análise, houve uma diminuição do atraso comparado a janeiro de 2017 de 31%.

**Figura 34 - Diminuição da quantidade de ton. em atraso - Janeiro a Agosto**



Fonte: Elaborado pelo autor

## 6 CONCLUSÕES

O objetivo inicialmente, pautou-se na apresentação de conceitos relevantes aplicáveis à um departamento de PPCP e na identificação de potenciais processos dentro dessa célula de planejamento, com maiores possibilidades de se empregar ferramentas de manipulação de informações utilizando algoritmos computacionais.

Em seguida, por meio da classificação de nível de prioridade num FMEA, os processos de gestão de carteira em atraso e de programação de produção das áreas, foram selecionados como as atividades piloto desse estudo.

No cenário exposto, foram desenvolvidas e implementadas duas ferramentas de apoio ao time de PPCP. A primeira, um simulador de movimentação na carteira, permitiu demonstrar que uma gestão mais eficiente das informações de demanda, expressas em ordens de produção, podem envolver a velocidade com que estas informações são manipuladas para a modelagem de um cenário e a precisão atingida pelo processo ao se firmar prazos. A segunda, permitiu dar uma visibilidade a curto prazo dos impactos gerados pela estratégia de programação adotada para um determinado equipamento, acrescentando ao processo uma forma de projetar por exemplo, a quantidade de toneladas de aço que podem entrar em atraso, antes mesmo que a sequência de ordens estabelecida seja colocada em produção.

Embora observada a gradativa diminuição dos índices de atraso comparados com o fechamento dos relatórios dos primeiros seis meses, o volume à produzir se manteve muito próximo às duas mil toneladas esperadas de atraso (Limite Máximo Esperado).

Sugeriu-se que para a continuidade do projeto, persista a constante avaliação do PFMEA do processo, verificando as devidas variáveis e seus efeitos no atraso geral da usina, quando aplicável, considerar o uso de algoritmos para dar agilidade na entrega das informações.

A possibilidade de estender a utilização dos algoritmos na gestão das informações é muito válida, evidencia que determinadas áreas como o departamento de PPCP, as quais têm de lidar com um alto volume de dados, possui uma infinidade de possibilidades de uso dos recursos computacionais.

Esclarece-se que, haja vista a agilidade possibilitada pelas simulações e algoritmos seja real, o fator analítico dos dados não perde sua importância, o fator humano é peça chave para o desempenho satisfatório dessas ferramentas. A ferramenta de programação evidencia essa prerrogativa, pois embora o método dê agilidade nas análises pertinentes ao planejamento da produção, é necessário que o programador esteja ambientado ao cenário presente da usina, em termos de atendimento e performance, quando refere-se aos clientes internos e externos.

Em face de algumas limitações das ferramentas utilizadas, propõe-se para uma futura pesquisa, o estudo da otimização de gestão da demanda através dos métodos computacionais, no conceito de indústria 4.0, cujo qual possibilite a obtenção de informações de limitação de cenários de maneira mais ampla, sugerindo uma maior capacidade de se lidar com incertezas no horizonte de planejamento da demanda.

## REFERÊNCIAS

APICS - **Associação para gerenciamento de Operações** – (The Association for Operations Management), “Master Planning of Resources” Version 4.0, 2011.

ALTAFINI, C. R. **Curso de Engenharia Mecânica**, Apostila de Caldeiras. Rio Grande do Sul: Universidade de Caxias do Sul, 2002

CORRÊA, H.L; GIANESI, I.G.N; CAON, M., **Planejamento, Programação e Controle da Produção**. São Paulo: Editora Atlas, 2008.

CHAMBERS, J. C.; MULLICK, S. K.; SMITH, D. D. **How to Choose the Right Forecasting Technique**. Harvard Business Review. v. 49, July-August, p. 45-57, 1971.

CHASE, R. B.; JACOBS F. R. & AQUILANO, N. J. **Administração da produção para a vantagem competitiva**. Porto Alegre: Bookman, 2006

CHOPRA, S. e MEINDL, P. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operação**. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

CLAUSING, D. **Total quality development: a step-by-step guide to worldclass concurrent engineering**. 2.ed., Nova Iorque: The American Society of Mechanical Engineers, 1994.

CRESWELL, J. W. **Research Design: qualitative & quantitative approaches**. Resumo feito por Elisabeth Adriana Dudziack. London: Sage, 1994.

CUNHA, M. A. L. **Gestão integrada de processos de negócio**. Dissertação (MBA). Escola de Administração de Empresas. Fundação Getúlio Vargas. São Paulo. 1998.

DA SILVA, E. L. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 138 p. 4 ed. rev. Atual – Florianópolis: UFSC, 2005.

DA SILVA, R. M., JUNQUEIRA, F., DOS SANTOS FILHO, D. J. and MIYAGI, P. E. (2014). **A method to design a manufacturing control system considering flexible reconfiguration**, Industrial Informatics (INDIN), 12th IEEE International Conference on, pp. 82–87, 2014.

DAVIS, M. M. e AQUILANO, N. J., CHASE, R. B. **Fundamentos da administração da produção**. Porto Alegre: Bookman, 2001.

DAVENPORT, T. H. **Putting the enterprise into the enterprise system**. Harvard Business Review. JUL-Ago, p. 121-131, 1998

FANTAZZINE, M. L. & SERPA, R. R. **Aspectos gerais de segurança e Elementos de Gerenciamento de Riscos**. Rio de Janeiro – ITSEMAP do Brasil, Serviços Tecnológicos MAPFRE, 2002.

FALCONI, V. **TQC Controle da Qualidade Total no estilo japonês**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2004.

GAITHER, N.; FRAZIER, G.; **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: Editora Cengage Learning, 2008.

GEORGOFF, D. M.; MURDICK, R. G. **Manager's Guide to Forecasting**. Harvard Business Review. v. 64, n. 1, p. 110-120, 1986.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S.; HYNDMAN, R., **Forecasting: Methods and Applications**. 3. ed., New York: John Wiley & Sons, 1998.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de Marketing: Uma Orientação Aplicada**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

MIGUEL, P. A. C.; LEAL, A. F.; SILVA, I. V. **Um estudo de caso sobre a implementação da ISO TS16949 e seus resultados**. GEPROS - Gestão de Produção, Operações e Sistemas. Ano 3, N.3, 2008.

MIGUEL, P.A.C. **Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**, 2ªed, Editora Elsevier, Rio de Janeiro, 2012.

MOURA, Cândido. **Análise de Modos e Efeitos de Falha Potencial (FMEA)**. Brasil: IQA – Instituto da Qualidade Automotiva, 1997.

PALADY, P. **FMEA: Análise dos Modos de Falha e Efeitos: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram**. São Paulo: IMAM, 1997.

PEREIRA, V. R. **Necessidades do cliente do setor automobilístico: um estudo das percepções de agentes dos elos da cadeia automotiva**. – 112p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2007.

PEINADO, E GRAEML. **Administração da Produção (Operações Industriais e de Serviço)**. Curitiba: UnicenP, 2007.

Portal: PMG&E - Produzindo Mentes Gestoras e Empreendedoras.  
<<http://pmgee.blogspot.com.br/search?q=S%26OP>>. Acesso em: 23 ago. 2017

POWER, D. J., "**A Brief History of Spreadsheets**", DSSResources.COM, World Wide Web, <http://dssresources.com/history/sshistory.html>, version 3.6, 08/30/2004. Photo added September 24, 2002.

RANGEL, A. **Momento da qualidade**. São Paulo: Atlas, 1995

SANTEJANI, F. H. F. **Perfil Ideal do Vendedor Industrial na Visão do Cliente**. TAUBATÉ-SP. 2017

SANTOS, B. P.; SILVA, L. A.; CELES, C. S.; BOGES, N. J.B; PERES, B.S.; VIEIRA, M. A.; LOREIRO, A. **A Internet das coisas: da Teoria à Prática**. 50

SLACK, N. **Vantagem competitiva em manufatura**. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

Schmitt, M., Orfgen, M. and Zuhlke, D. (2015). " **Dynamic reconfiguration of intelligent field devices by using modular software applications**, *Information Control Problems in Manufacturing*, Vol. 15, pp. 595–600.

STEVENSON, W. J. **Administração das operações de produção**. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

SILVA, R. L. A., SOARES, P. R. F., SILVA, A. K. B. **Análise de risco utilizando a ferramenta Fmea em um gerador de vapor**. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2008

SLACK, N. *et al*, **Administração da Produção**. São Paulo: Editora Atlas SA., 1997.

SPEEDING, T; CHAN, K. **Forecasting Demand and Inventory Management Using Bayesian Time Series. Integrated Manufacturing Systems**. v. 11, n. 5, p. 331-339, 2000.

TUBINO, D.F. **Planejamento e Controle da Produção**. São Paulo: Editora Atlas S.A, 2009.

[Tanenbaum 2002] Tanenbaum, A. **Computer Networks. Prentice Hall Professional Technical Reference**, 4th edition, 2002.

WALKENBACH, J. **Programando Excel VBA Para Leigos**. São Paulo: Alta books, 2<sup>o</sup> ed., 2009.