

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS – UNISINOS

CENTRO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO E SISTEMAS**

NÍVEL MESTRADO

RONALDO MERLO BARRETO

**MODELO PARA TOMADA DE DECISÃO NOS SISTEMAS
PRODUTIVOS A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DE UMA
FERRAMENTA CAPACIDADE VERSUS DEMANDA**

São Leopoldo - RS

2010

RONALDO MERLO BARRETO

**MODELO PARA TOMADA DE DECISÃO NOS SISTEMAS
PRODUTIVOS A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DE UMA FERRAMENTA
CAPACIDADE VERSUS DEMANDA**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

Orientador: Prof. Dr. José Antonio Valle Antunes Júnior

São Leopoldo - RS

2010

RONALDO MERLO BARRETO

**MODELO PARA TOMADA DE DECISÃO NOS SISTEMAS
PRODUTIVOS A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DE UMA FERRAMENTA
CAPACIDADE VERSUS DEMANDA**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

Aprovado em 18 de Março de 2010.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Adriano Proença - UFRJ

Prof. Dr. Guilherme Luis Roehe Vaccaro – UNISINOS

Prof. Dr. Luis Henrique Rodrigues - UNISINOS

Orientador: Prof. Dr. José Antonio Valle Antunes Júnior

Visto e permitida a impressão

São Leopoldo,

Prof. Dr. Guilherme Luis Roehe Vaccaro
Coordenador Executivo PPG em
Engenharia de Produção e Sistemas

*Dedico esse trabalho aos meus pais e à pessoa que tem
vivido ao meu lado os momentos mais importantes da
minha vida.*

AGRADECIMENTOS

Existem situações na vida em que é fundamental poder contar com o apoio e a ajuda de algumas pessoas. Para a realização deste trabalho, pude contar com várias, a quem gostaria de expressar, através de poucas palavras, os meus mais sinceros agradecimentos.

Agradeço às Empresas Randon pelo apoio a essa iniciativa de pesquisa, tornando-a possível. Aos colegas de trabalho e entrevistados pela disponibilidade e colaboração.

Agradeço ao corpo docente do programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas por todos os ensinamentos, os quais sem dúvida extrapolaram os conteúdos de classe. Aos colegas do curso de mestrado pela amizade, troca de experiências e conhecimento.

Agradeço especialmente ao meu orientador, professor Dr. José Antonio Valle Antunes Jr., por estar sempre disponível e pelas inúmeras vezes que contribuiu de forma valiosa para esse estudo. Por sempre me instigar a aprimorar o trabalho realizado e por acreditar no meu potencial. Agradeço pela sua generosidade em compartilhar comigo seus conhecimentos de vida e por me incentivar e ajudar na conquista de meus objetivos acadêmicos e profissionais. Uma pessoa, que para mim, tornou-se uma fonte de inspiração.

Agradeço minha família pelo carinho de sempre e por estar ao meu lado compreendendo e apoiando meu desejo pela busca do saber.

“A arte de interrogar é bem mais a arte dos mestres do que a dos discípulos; é preciso ter já aprendido muitas coisas para saber perguntar aquilo que não se sabe.

Jean-Jaques Rousseau

RESUMO

Frente às freqüentes mudanças no mercado consumidor, as empresas precisam se adequar aos novos cenários. As estratégias de produção e de capacidade podem auxiliar nesse processo, especialmente se for possível formular e testar alternativas em ambientes paralelos antes mesmo de serem aplicados na fábrica real. As dificuldades encontradas nas empresas estão associadas à adequação (ou não) dos modelos existentes na literatura sobre o tema, bem como, a base de informações sobre a qual são tomadas as decisões de capacidade. Os conceitos de gargalo de produção, de eficiência global dos recursos e a lógica de análise capacidade *versus* demanda e tomada de decisão são discutidos e avaliados no conjunto da análise da capacidade fabril. Um Modelo de Tomada de Decisão é proposto, englobando as estratégias de capacidade nos níveis: operacional – Método de Gestão de Rotinas; tático – Método de Gestão de Melhorias; e estratégico – Método de Gestão Estratégica de Longo Prazo. Através de estudo de caso foram avaliadas as diferenças de uso da Ferramenta CXD em diferentes perspectivas de tomada de decisão, e ainda, através de entrevistas são apresentadas as principais dificuldades de uso da Ferramenta CXD e do próprio processo decisório. O uso do método de tomada de decisão pode auxiliar empresas durante o processo de formulação de estratégias de produção dividindo-as em diferentes níveis. Desta forma facilita a análise por equipes multi-setoriais, democratiza a decisão e amplia o conhecimento do problema.

Palavras chave: Estratégia de Produção, Capacidade de Produção, Tomada de Decisão, Gargalo, Recurso com Capacidade Restrita, Análise de Capacidade e Demanda.

ABSTRACT

Considering the frequent changes in the consumer market, companies need to adapt to the new sceneries. Production strategies and capacity can assist in this process, especially if it is possible formulating and testing before applying it in the real plant. The difficulties found by the companies in this business are associated with adjusting (or not) the models found in the literature about the subject, and the information base on which capacity decisions are made. The concepts of production bottleneck and the overall efficiency of resources, and the logic CXD analysis and decision-making are discussed and evaluated throughout the analysis of manufacturing capacity. A Model of Decision-making is proposed, including strategies in different levels: operational – Method Management Routines; tactical - Method Management Improvements, and strategic - Method Management of Long-term Strategic. Through the study of case research methodology, the differences in use of the CXD Tool in different perspectives of decision-making were assessed, and through interviews are presented the main difficulties of using the CXD Tool and the decision-making process by itself. Using the method of decision-making can assist companies during the process of formulating production strategies, dividing them into different levels of decision-making, making the analysis of multi-sector teams easier, democratizing the decision and the problem knowledge.

Keywords: Production Strategic, Production Capacity, Decision-making, Bottleneck, Capacity Constraints Resources, Analysis of Capacity and Demand.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Processo de Planejamento da Estratégia de Produção	29
Figura 2: Sistema de Planejamento das Necessidades de Recursos	43
Figura 3: Gráfico da relação diária entre capacidade e demanda utilizada no Módulo CRP ...	47
Figura 4: Fluxo de fabricação de produtos P e Q	1
Figura 5: Análise da relação entre capacidade grosseira e a demanda de produção	56
Figura 6: Modelo esquemático da célula de manufatura	1
Figura 7: Estratégias de pesquisa.....	76
Figura 8: Fontes de evidências de estudo de caso.	78
Figura 9: Método de Trabalho da Pesquisa	80
Figura 10: Modelo de Tomada de Decisão para Estratégias de Capacidade X Demanda.....	87
Figura 11: Método Integrado de Tomada de Decisão de Estratégias de Capacidade.....	90
Figura 12: Gráfico de capacidade por recurso de produção	94
Figura 13: Pareto de paradas do Recurso R2.....	115

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Categorias de decisão da estratégia de Produção	28
Quadro 2: Princípios de Expansão de Capacidade	36
Quadro 3: Demandas semanais em exemplo de indústria fabril	45
Quadro 4: Resultado gerado pelo Módulo RCCP do MRP em exemplo de uma empresa	45
Quadro 5: Demanda diária para exemplo ilustrativo do módulo CRP	46
Quadro 6: Planilha de cálculo de identificação da restrição segundo a TOC.....	50
Quadro 7: Produção horária por recurso nos itens A e B	61
Quadro 8: Eficiência Global (OEE) de cada recurso produtivo	61
Quadro 9: Solução obtida através do Método MRP módulo RCCP.....	62
Quadro 10: Solução obtida através da Ferramenta CXD proposta por Antunes <i>et al.</i> (2008) .	62
Quadro 11: Comparativo entre o MRP, TOC e CXD, referente as decisões de capacidade....	66
Quadro 12: Descrição das empresas pesquisadas.....	83
Quadro 13: Decisões relacionadas ao Modelo de Tomada de Decisão por nível hierárquico .	87
Quadro 14: Resumo dos 3 casos apresentados	108
Quadro 15: Estrutura esquemática da Planilha CXD por Item.....	110
Quadro 16: Estrutura esquemática resumida da Planilha de Tempos de Processamento por Item de acordo com Roteiro de Fabricação	110
Quadro 17: Estrutura esquemática resumida da Planilha CXD – Estudo de Caso I	111
Quadro 18: Estrutura esquemática resumida da Planilha CXD – Estudo de Caso II	114
Quadro 19: Desdobramento da Eficiência Global do Gargalo	115
Quadro 20: Ferramenta CXD referente Caso II após Implementação de Melhorias.....	116

Quadro 21: Previsão de demanda por item.....	117
Quadro 22: Número de equipamentos disponíveis e eficiências operacionais (OEE)	118
Quadro 23: Tempos de processamento por item de acordo com Roteiro de Fabricação	118
Quadro 24: Relação CXD nas condições atuais de capacidade fabril.....	119
Quadro 25: Relação Capacidade Versus Demanda considerando uso de horas extras	120
Quadro 26: Levantamento de custos para realização de horas extras	120
Quadro 27: Relação CXD considerando aumento de eficiência global	121
Quadro 28: Investimentos necessários em redução de tempos de <i>setup</i>	121
Quadro 29: Relação CXD considerando aquisição de novos equipamentos.....	122
Quadro 30: Investimentos necessários em novos equipamentos.....	122
Quadro 31: Relação CXD considerando aumento de eficiência global	123
Quadro 32: Comparativo entre os cenários propostos.....	124
Quadro 33: Lista de dificuldades citadas por técnicos referente à implantação da Ferramenta CXD.....	128
Quadro 34: Lista de dificuldades citadas por técnicos referente ao uso da Ferramenta CXD.....	131
Quadro 35: Lista de decisões relacionadas ao uso da Ferramenta CXD apontadas por técnicos	134
Quadro 36: Opções de melhorias de capacidade e demanda apontadas por Coordenadores de Produção	138
Quadro 37: Respostas dos Gestores quanto ao dimensionamento de Turnos e Número de Funcionários	145
Quadro 38: Decisões apontadas pelos Gestores como relacionadas à Ferramenta CXD.....	146
Quadro 39: Decisões apontadas por Técnicos e Gestores relacionadas aos Métodos de Tomada de Decisão nas Empresas Pesquisadas	150

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BOM	<i>Bill of Materials</i>
CXD	Capacidade <i>versus</i> Demanda
CCR	Recurso com Capacidade Restrita
CRP	<i>Capacity Requirements Planning</i>
GPT	Gestão do Posto de Trabalho
IROG	Índice de Rendimento Operacional Global
IPO	Índice de Performance Operacional
IPA	Índice de Produtos Aprovados
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
ISO/TS	<i>International Organization for Standardization/Technical Specification</i>
ITO	Índice de Tempo Operacional
MRP	<i>Material Requirements Planning</i>
MTBF	Tempo Médio entre Falhas
MTTR	Tempo Médio de Retomada após Falha
OEE	<i>Overall Equipment Productivity</i>
PCP	Programação e Controle de Produção
PFP	Programação Fina de Produção
PIB	Produto Interno Bruto
PMP	Plano Mestre de Produção
RCCP	<i>Rough-cut Capacity Planning</i>
TEEP	<i>Total Effective Equipment Productivity</i>

TOC	<i>Theory of Constrains</i>
TPM	Manutenção Produtiva Total
TRF	Troca Rápida de Ferramentas
UEN	Unidade Estratégica de Negócio
WIP	<i>Work-in-Process</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	17
1.2 RELEVÂNCIA DO TEMA.....	18
1.3 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO.....	19
1.3.1 Justificativa Acadêmica.....	19
1.3.2 Justificativa Empresarial.....	20
1.4 PROBLEMA DE PESQUISA	21
1.5 OBJETIVOS DO TRABALHO	21
1.5.1 Objetivo Geral	21
1.5.2 Objetivos Específicos	22
1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	22
1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO	23
2 REFERENCIAL TEÓRICO	25
2.1 INTRODUÇÃO.....	25
2.2 ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO	26
2.2.1 Introdução.....	26
2.2.2 Estratégia de Produção e Capacidade.....	30
2.2.2.1 Introdução.....	30
2.2.2.2 Decisões Estratégicas de Capacidade.....	30
2.2.2.3 Como Ampliar a Capacidade de Produção.....	33
2.2.2.4 Princípios de Expansão da Capacidade.....	36
2.2.2.5 Uso de Ferramenta na Tomada de Decisões.....	37
2.3 MODELOS DE ANÁLISE DE CAPACIDADE E DEMANDA	40
2.3.1 Considerações Iniciais	40
2.3.2 Sistema MRP	42
2.3.2.1 Módulos de Planejamento de Capacidade no MRP.....	44
2.3.2.1.1Módulo RCCP – Planejamento de Capacidade Grosseira.....	44
2.3.2.1.2Módulo CRP – Planejamento da Capacidade Requerida	46
2.3.3 Modelo TOC de Determinação da Capacidade e Análise de Ganho.....	48

2.3.3.1 Exemplo da Metodologia TOC (Produtos P&Q)	49
2.3.4 Modelo de Análise CXD Proposto por Antunes <i>et al.</i> (2008).....	52
2.3.4.1 Restrição da Produção	52
2.3.4.1.1 Gargalos e CCRs	53
2.3.4.2 Ferramenta CXD Proposta por Antunes <i>et al.</i> (2008)	55
2.3.4.3 Melhoria Contínua das Restrições nos Sistemas Produtivos.....	57
2.3.5 Comparação entre os Modelos de Análise CXD	60
2.3.5.1 Exemplo Hipotético Comparando as Metodologias MRP, CXD e P&Q, quanto a Análise de Capacidade e Identificação da Restrição	60
2.3.5.2 Principais Diferenças entre os Modelos Gerais MRP, TOC e CXD, referentes às Decisões de Capacidade de Produção	66
2.3.6 Análise Crítica da Ferramenta CXD Proposto por Antunes <i>et al.</i> (2008)	67
2.3.7 CXD e Análise de Investimentos	71
2.3.7.1 Formação de Cenários	72
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	74
3.1 MÉTODO DE PESQUISA.....	75
3.1.1 Considerações Iniciais	75
3.1.2 Método de Estudo de Caso	76
3.1.3 Justificativa para o Uso de Estudo de Caso na Pesquisa	77
3.1.4 Os Meios Utilizados na Pesquisa.....	77
3.1.5 Método de Trabalho.....	79
4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	85
4.1 MÉTODO DE TOMADA DE DECISÃO UTILIZANDO A ANÁLISE CXD.....	85
4.1.1 Considerações Iniciais	85
4.1.2 Modelo de Tomada de Decisão	86
4.1.2.1 Método de Identificação da Restrição e Dimensionamento da Capacidade Fabril	91
4.1.2.2 Método de Gestão de Rotinas: Formação e Análise de Plano Mestre de Produção	95
4.1.2.3 Método de Gestão de Melhorias	101
4.1.2.4 Método de Gestão Estratégica de Longo Prazo - Análise de Investimento.....	103
4.1.3 Considerações Finais	106
4.2 APLICAÇÃO DOS MÉTODOS EM TRÊS CASOS REAIS.....	107
4.2.1 Descrição do Objeto do Trabalho	107
4.2.1.1 Caracterização da Organização, Objeto de Estudo.....	108
4.2.2 Estudo de Caso I – Ilustração do Método de Gestão de Rotinas - Análise do PMP ..	109

4.2.2.1	Considerações Iniciais	109
4.2.2.2	Levantamento de Dados	109
4.2.2.3	Identificação da Restrição	110
4.2.3	Estudo de Caso II – Método de Gestão de Melhorias	113
4.2.3.1	Considerações Iniciais	113
4.2.3.2	Identificação da Restrição	113
4.2.3.3	Análise de Melhorias	114
4.2.4	Estudo de Caso III – Método de Gestão Estratégica de Longo Prazo.....	116
4.2.4.1	Considerações Iniciais	116
4.2.4.2	Levantamento de Dados	117
4.2.4.3	Identificação da Restrição	118
4.2.4.4	Análise de Investimentos.....	119
4.2.4.4.1	Resumo dos Investimentos Simulados no Estudo de caso	123
4.2.5	Considerações Finais	124
4.3	ANÁLISE CRÍTICA DAS ENTREVISTAS COM USUÁRIOS DA CXD.....	127
4.3.1	Análise Crítica das Entrevistas realizadas com Técnicos.....	127
4.3.1.1	Considerações Iniciais	127
4.3.1.2	Dificuldades de Implantação	128
4.3.1.3	Dificuldades de Uso e Limitações da Ferramenta CXD.....	131
4.3.1.4	Decisões Tomadas a partir da CXD: Uma Análise Crítica	133
4.3.2	Análise Crítica das Entrevistas com Gestores – Uma Visão Estratégica	135
4.3.2.1	Considerações Iniciais	135
4.3.2.2	Identificação da Restrição e da Capacidade de Produção	136
4.3.2.3	Gestão de Melhorias	137
4.3.2.4	Análise de Investimentos.....	139
4.3.2.5	Gestão de Rotinas - Análise de Plano Mestre de Produção.....	143
4.3.2.6	Decisões Tomadas a partir da CXD de Acordo com Gestores de Produção.....	145
4.3.3	Considerações Finais	147
5	CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	152
5.1	CONCLUSÕES	152
5.2	LIMITAÇÕES DO ESTUDO	156
5.3	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	157
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	158

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O crescimento da economia nacional alcançada entre os anos de 2004 e 2008, medida pelo Produto Interno Bruto (PIB) interno foi, em média, superior a 4% ao ano (IBGE, 2009). Neste sentido, tem sido criadas oportunidades de expansão para as empresas.

As empresas que tem como estratégia prospectar novos mercados ou ampliar os em que atuam, podem alcançar crescimentos ainda maiores que a média global do país. Essas empresas criam dinâmicas de concorrência gerando reações em toda a cadeia na qual estão inseridas. É essa dinâmica de mercado que faz evoluir os sistemas de gestão adotados.

Ainda, as empresas precisam estar preparadas para atuar em cenários de crise de demanda, onde os mercados diminuem e a lógica da concorrência passa a ser a de manutenção do espaço já conquistado. Nesse contexto os volumes de produção são menores e os custos internos ganham relevância no que se refere à perpetuação do negócio. Em ambas as situações do mercado, expansão ou retração, as empresas precisam formular estratégias de negócio robustas que permitam o crescimento contínuo e sustentável do negócio.

As estratégias são o meio que guiam as empresas frente a esses cenários. Cada empresa deve conhecer seus pontos fortes e fracos, as ameaças e as oportunidades de mercado, e, ser capaz de direcionar seu capital humano, através da realização conjunta de ações que alavancarão ganhos para a companhia. A estratégia de produção é um instrumento relevante que direciona a empresa para alcançar vantagens competitivas frente à concorrência.

As empresas que optarem por tornar a produção uma vantagem competitiva devem direcionar esforços em decisões mais assertivas e eficazes na gestão de capacidade. A resposta intuitiva a essa questão está em utilizar modelo de decisão fundamentado em dados e fatos em substituição ao empirismo.

Esta dissertação está inserida, portanto, no contexto da melhoria dos processos de tomada de decisão associados com a estratégia de gestão de capacidade e demanda em empresas industriais.

1.2 RELEVÂNCIA DO TEMA

A inovação nos processos de gestão passa pela discussão de como são tomadas as decisões nas empresas. Entende-se que qualquer tentativa de melhoria na tomada de decisão embasada nos conceitos e pressupostos teóricos é importante para o desenvolvimento da empresa e da sociedade. A estratégia e as decisões tomadas pela gestão seguem por toda a organização, direcionando as ações nos diversos níveis da organização. Visto dessa forma, fica claro que as decisões não são tomadas unicamente pelo nível estratégico da companhia, pois inúmeras decisões são tomadas nos demais níveis.

Para uma empresa industrial a estratégia de capacidade, pautada sob conceitos e ferramentas de análise, é crucial para fazer crescer o negócio sem onerar os resultados econômicos da organização com aumentos desnecessários dos investimentos e dos custos de produção. A Ferramenta Capacidade X Demanda, permite avaliar estratégias de capacidade considerando diversos fatores de decisão presentes no processo produtivo. O mais relevante deles, e desconsiderado pela maior parte da literatura atual no cálculo de capacidade, é a eficiência real dos recursos produtivos. A questão que se coloca atualmente é: com qual acuracidade de resultados as empresas vêm baseando suas decisões sobre capacidade produtiva, visto que, modelos como o MRP e TOC, amplamente difundidos nas empresas, tendem a desconsiderar a eficiência global dos recursos no seu modelo de dimensionamento da capacidade e demanda.

As estratégias de produção formuladas a partir da capacidade atual do sistema produtivo precisam estar baseadas em modelos que representem com certo grau de acuracidade o que ocorre empiricamente nos sistemas de produção.

A identificação dos recursos restritivos permite, por exemplo, à organização avaliar o resultado financeiro resultante de investimento em aumento de capacidade, visto que, incrementos de capacidade nesses recursos elevam a capacidade do sistema como um todo, em mercados compradores quando a Capacidade de produção (C) é menor do que a Demanda (D). Por outro lado, nos casos em que a Capacidade é maior do que a Demanda, a análise da CXD auxilia na identificação dos recursos de produção realmente necessários de modo a atender a demanda prevista considerando a minimização dos custos de produção.

A identificação e a gestão dos recursos restritivos são, portanto, fatores fundamentais para a obtenção de bons resultados da empresa. Porém, a identificação das restrições em sistemas de produção reais não constitui em uma atividade trivial, tornando-se mais complexa na medida em que o número de itens e recursos aumenta. Em grandes unidades fabris o uso de uma ferramenta robusta, baseada em sólidos conceitos de Engenharia de Produção, é uma possibilidade objetiva de determinar com alguma acuracidade a capacidade fabril e, conseqüentemente, os recursos restritivos.

1.3 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

Na seqüência são apresentadas a justificativa acadêmica e a empresarial para a realização do trabalho.

1.3.1 Justificativa Acadêmica

O tema capacidade fabril não é novo e já foi amplamente discutido na literatura (HAYES et al., 2008, HOPP E SPEARMAN, 2000, ANTUNES *et al.*, 2008). No entanto, há uma lacuna na literatura no que se refere à base conceitual do dimensionamento da capacidade fabril. A maioria dos autores não faz referência de uso da eficiência global dos recursos no dimensionamento da capacidade fabril e na identificação da restrição. A não

utilização da eficiência do recurso tende a dificultar a percepção da real situação de capacidade da empresa.

Essa pesquisa propõe-se também a discutir um modelo de tomada de decisão, sistematizado a partir de diferentes métodos, que representam uma evolução do tema estratégias de capacidade na medida em que tem como embasamento conceitual as noções do: i) Mecanismo da Função Produção (MFP) oriundo do STP; ii) restrições oriunda da TOC; iii) Índice de Rendimento Operacional Global dos Equipamentos/OEE oriundo do conceito de Manutenção Produtiva Total e passível de ser deduzido a partir da utilização dos conceitos do MFP. A utilização conjunta destes conceitos tende a facilitar a análise da Capacidade X Demanda (CXD) a partir da ótica da tomada de decisão pelos gestores da fábrica.

1.3.2 Justificativa Empresarial

As empresas estão constantemente decidindo sobre questões que afetam a capacidade de produção, como, as políticas de estoque, aquisição de equipamentos, os turnos de trabalho e, outras políticas, presentes no dia-a-dia das organizações industriais. No entanto, não raro, é possível observar empresas que não utilizam uma metodologia estruturada de análise de investimentos em capacidade, tomando suas decisões baseadas unicamente na experiência de seus funcionários e gestores.

A ferramenta de análise de Capacidade e Demanda, ponto de partida desta pesquisa, vem sendo utilizada pelas 4 empresas que são objetos empíricos de pesquisa. A utilização do método de estudo de caso permite conhecer em mais detalhes a relação entre o modelo conceitual proposto e a aplicação prática desta ferramenta, considerando as dificuldades objetivas observadas para a implantação e operacionalização da mesma.

A proposição de um modelo de tomada de decisão auxilia na discussão de quais parâmetros precisam ser avaliados antes de levar uma empresa a um ou outro caminho em termos da tomada de decisão associada à relação entre Capacidade X Demanda.

Esta pesquisa procura contribuir para evolução do processo geral de tomada de decisão auxiliando as empresas e preparando-as para escolher estratégias de atuação com análises mais completas do problema. Deseja-se estudar um modelo que possa envolver as pessoas

num processo agregador e participativo de tomada de decisão, e com estratégias de curto, médio e longo prazo, convergentes que conduza diferentes áreas da organização para a mesma direção de aumento do rendimento operacional do negócio.

Num sistema produtivo que envolve muitas pessoas, a comunicação e o entendimento entre as áreas tornam-se relevantes, uma vez que cada profissional tem sua percepção das necessidades da empresa. As divergências existentes, muitas vezes, culminam na dispersão dos esforços de melhoria na organização. Nesse sentido, a proposição de uma metodologia geral tende a permitir um melhor e mais eficaz entendimento das partes envolvidas.

1.4 PROBLEMA DE PESQUISA

A questão principal desta pesquisa consiste em: como formular um modelo de gestão baseado na ferramenta Capacidade versus Demanda, para tomada de decisões que compõem a estratégia de produção em empresas industriais?

1.5 OBJETIVOS DO TRABALHO

São os seguintes o objetivo geral e os objetivos específicos da pesquisa.

1.5.1 Objetivo Geral

Propor, pautado em uma análise crítica da literatura, um modelo para aprimorar os processos de tomada de decisão que necessitam da análise Capacidade versus Demanda em empresas industriais.

1.5.2 Objetivos Específicos

São os seguintes os objetivos específicos do trabalho:

- a. Explicitar as razões do por que a Ferramenta CXD, baseada nos conceitos do Sistema Toyota de Produção e do TPM – Manutenção Produtiva Total (IROG) permite preencher uma lacuna importante na literatura clássica de determinação da capacidade fabril;
- b. Formular um modelo de gestão, baseada na ferramenta Capacidade versus Demanda, para tomada de decisões que compõem a estratégia de produção em empresas industriais;
- c. Propor um método de gestão de melhorias tomando por base a ferramenta Capacidade versus Demanda;
- d. Propor um método de gestão de rotinas considerando a capacidade real da fábrica;
- e. Propor um método de análise de investimento através de simulação de diferentes cenários futuros;
- f. Discutir criticamente as principais dificuldades e limitações encontradas na aplicação prática da Ferramenta CXD e entender como os métodos propostos são aplicados na prática, através da utilização de um estudo de caso múltiplo.

1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Apesar de existirem outras teorias de dimensionamento de capacidade, este trabalho está delimitado na comparação de três modelos específicos, TOC, MRP e Ferramenta CXD.

Não foi analisado o modelo de análise da relação CXD utilizado no Sistema Toyota de Produção, ou seja, a utilização dos conceitos de *Takt Time* e *Heijunka*.

Esta pesquisa limita-se a comparar os diferentes métodos de dimensionamento da capacidade e demanda, partindo de relevante noção do índice de eficiência operacional no dimensionamento. Esta pesquisa se propõe a formular métodos de tomada de decisão, baseadas na Ferramenta CXD apresentada por Antunes *et al.* (2008). O conjunto dos métodos forma o modelo global de tomada de decisão em relação às estratégias de capacidade e demanda.

Essa pesquisa limitou-se a estudar empresas industriais do ramo de autopeças e de produção intermitente. Sendo assim, um abrangente ramo de indústrias e seguimentos de produtos que não foram atendidos nessa pesquisa.

As entrevistas realizadas têm por objetivo principal a identificação das dificuldades de implantação e uso da CXD nas empresas pesquisadas, e, seu grau de utilização nas tomadas de decisão quanto a estratégias de capacidade. Não há intenção de criticar os modelos de decisão das empresas pesquisadas. O estudo de caso, em empresa de médio porte, de produção intermitente, complementa a pesquisa na medida em que mostra aplicações práticas da metodologia pesquisada, em situações reais.

Por fim, nesta pesquisa não são discutidas as inferências estatísticas sobre os dados e resultados obtidos, limitando-se basicamente, na análise crítica dos resultados obtidos.

1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em cinco capítulos. O Capítulo 1 apresenta a introdução, a identificação do problema de pesquisa, o objetivo geral e os objetivos específicos, a justificativa e relevância, as delimitações e a estrutura do trabalho.

No capítulo 2 é apresentado o referencial teórico relativo ao tema de pesquisa. Os principais temas revisados são a Estratégia de Capacidade, Tomada de decisão, Teoria das

Restrições, Modelo MRP e TOC de Cálculo de Capacidade, a Ferramenta CXD proposta por Antunes et al. (2008), e, por fim, a Análise de Capacidade e Demanda e Análise de Investimentos.

O Capítulo 3 apresenta a metodologia utilizada nesta pesquisa. Utiliza-se nessa pesquisa a metodologia descritiva, estudos de caso em empresa de médio porte do ramo metal-mecânico do Estado do Rio Grande do Sul. Também, foram realizadas entrevistas em 4 empresas de médio porte do ramo de metal-mecânica, com intuito de identificar as principais dificuldades de uso da ferramenta por parte de analistas e gestores de produção.

No Capítulo 4 é formulado um modelo de tomada de decisão embasada na Ferramenta CXD. E, são apresentados os casos de aplicação do modelo de tomada de decisão em situação real. A sistemática de uso da Ferramenta CXD é mostrada juntamente com as análises críticas que compõem os métodos de tomada de decisão propostos. Ainda, são apresentadas as análises das entrevistas que explicitam a validade de uso da Ferramenta CXD e dos métodos de decisão na visão de técnicos e gestores das empresas pesquisadas. As principais decisões usadas na prática das empresas com uso do modelo de decisão são apontadas por gestores e analisados criticamente.

Por fim, no Capítulo 5 são elaboradas as considerações finais resgatando os resultados principais e reavaliando a relevância do tema para as empresas fabris. Também são tecidas considerações sobre as limitações da pesquisa e apresentadas sugestões para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para a construção do referencial teórico do trabalho foi realizada uma revisão dos principais conceitos inerentes à determinação da capacidade de produção e às principais decisões oriundas dessa informação que compõem a estratégia de produção. São tratados os conceitos de estratégias de produção e capacidade, restrição dos sistemas produtivos, ferramentas de análise de capacidade e demanda, análise de melhorias e de investimentos. Finalmente é proposto o modelo conceitual objetivo da pesquisa e os métodos que constituem o modelo.

2.1 INTRODUÇÃO

Os temas discutidos nas próximas páginas, que compõem o referencial teórico, têm por objetivo subsidiar o leitor para compreender as interconexões entre os diversos conceitos e autores no que tange ao tema central associado a estratégias de capacidade. As empresas diferem entre si por vários fatores. No entanto, a compreensão do que acontece na empresa e a própria evolução da organização passa pela compreensão por parte dos gestores da dinâmica das decisões tomadas e dos impactos por elas gerados em temas econômico-financeiros.

No contexto das estratégias de expansão do negócio, normalmente vistas nos planejamentos de médio e longo prazo das organizações, a Estratégia de Produção deve sustentar as macro-estratégias do negócio acrescentando vantagens competitivas que permitam a ampliação de mercado almejada pela empresa. De um modo ou de outro a empresa precisa ter um plano claro de controle da capacidade dentro da concepção de estratégia da produção.

A estratégia de capacidade parte da necessidade de adequação a demanda de mercado. Em algumas situações existe a necessidade de ampliar a capacidade em função de aumentos

da demanda. Em outros casos é necessário adequar os recursos de produção em função da redução da demanda do mercado. Em ambos os casos as decisões que venham a ser tomadas pelas empresas, necessitam passar por um processo de análise do estado atual e de uma visão de futuro, que podem ser traduzidos em termos de estratégias de produção.

Nesta dissertação é proposto um modelo de tomada de decisão, composto de diversos métodos englobando a relação capacidade e demanda, de modo que o gestor de produção possa de forma qualificada, avaliar as alternativas existentes e tomar decisões sobre temas relevantes em termos de estratégia de produção. O método parte da identificação da restrição e da capacidade fabril, seguindo por três caminhos possíveis: i) gestão de melhorias; ii) formação e análise do Plano Mestre de Produção; e, iii) Plano de investimentos.

2.2 ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO

A estratégia de produção, entre outros temas, dedica-se a compreender como a fábrica irá atender a demanda de mercado atual e a projetada. A estratégia de produção e de capacidade é formada por um conjunto de decisões que impactarão não só a capacidade de atender as demandas dos clientes, mas o desempenho econômico-financeiro do negócio. Neste sub-capítulo são discutidos os temas Estratégia de Produção e Capacidade.

2.2.1 Introdução

O conceito de estratégia apresentado por Hayes *et al.* (2008) refere-se ao estabelecimento de objetivos, à determinação de uma direção e ao desenvolvimento e implementação de planos, com meta de criar vantagens competitivas para a empresa.

Hayes *et al.* (2008) divide a estratégia em três tipos:

- i. **Estratégia Corporativa:** num nível mais alto a estratégia corporativa abrange decisões que dizem respeito às indústrias e mercados dos quais ela participa. Aponta como se estruturar internamente para atacar mercados e adquirir e alocar recursos corporativos às várias unidades de um determinado grupo.
- ii. **Estratégia de Unidade de Negócio:** associada a cada Unidade Estratégica de Negócio (UEN), subsidiária ou linha de produto, que pode ter sua própria estratégia de negócio, na qual define o escopo do seu negócio e seu relacionamento com a corporação. Ainda, define como se posicionar para alcançar ou manter uma determinada vantagem competitiva. No nível da Unidade de Negócio, pode-se alcançar uma vantagem competitiva de várias maneiras, incluindo: baixo custo/altos volumes, inovação de produto e características únicas ou serviços customizados.
- iii. **Estratégias Funcionais:** são as estratégias que sustentam o tipo de vantagem competitiva buscada. Uma UEN deve ter quatro estratégias funcionais: marketing e vendas, produção, controladoria e finanças, e, Pesquisa e Desenvolvimento. As estratégias funcionais são definidas pelo padrão de decisões realmente realizadas e, não unicamente pelo processo de planejamento. Trata-se das estratégias implementadas.

Muitos autores defendem que a organização pode criar uma vantagem competitiva por meio da produção. Hayes *et al.* (2008, p. 60) defendem que “o objetivo de uma estratégia de produção é de guiar uma organização de produção na montagem e alinhamento dos recursos que irão propiciar a implementação eficaz da estratégia competitiva da empresa”.

Skinner (1969) defende a associação das decisões da produção com a estratégia corporativa da organização, alavancando vantagens para a empresa. O autor pondera que para cada negócio a melhor maneira de alavancar vantagens pela produção é única, e, deve considerar características específicas do negócio, como suas forças e fraquezas, seu próprio padrão de sucesso ou insucesso e, suas características de produção (SKINNER, 1969).

Porter (1986) identifica três estratégias genéricas: i) Estratégia de liderança em custos pura; ii) Estratégia de diferenciação pura e; iii) Estratégia de custo e diferenciação. As estratégias genéricas de negócio devem ser desdobradas nas estratégias de produção.

Hayes *et al.* (2008) apresentam um conjunto de decisões chave conectadas à implementação de Estratégias de Produção. O Quadro 1 mostra as categorias de decisões associadas à Estratégia de Produção.

A primeira parte das categorias de decisão é considerada estrutural na medida em que está ligada a decisões de cunho físico (HAYES *et al.*, 2008). Já as decisões do tipo infra-estruturais estão relacionadas às políticas e práticas responsáveis pelo gerenciamento dos aspectos estruturais da organização (HAYES *et al.*, 2008).

Decisões estruturais

- Capacidade – quantidade, tipo, tempo.
- Fornecimento e integração vertical – direção, extensão, balanço.
- Instalações – tamanho, localização, especialização.
- Informação e tecnologia de processo – grau de automação, interconectividade, liderar versus seguir.

Sistemas e Políticas Infra-estruturais

- Alocação de recursos e sistemas de orçamento de capital.
 - Sistemas de recursos humanos – seleção, habilidades, compensação, segurança do empregado.
 - Planejamento do trabalho e sistemas de controle – compras, plano agregado, planejamento, controle ou estoques e/ou reservas de tempo de espera.
 - Sistemas de qualidade – prevenção de defeitos, monitoramento, intervenção e eliminação.
 - Medição e sistemas de recompensa – medições, bônus, política de promoções.
 - Sistemas de desenvolvimento de produtos e processos – líder ou seguidor, organização da equipe de projetos.
 - Organização – centralizada versus descentralizada, quais decisões deve se delegar, papel dos grupos de apoio.
-

Quadro 1: Categorias de decisão da estratégia de Produção

Fonte: Hayes *et al.*, 2008, p. 65.

Dias (2005) com base em diferentes autores apresenta um modelo esquemático que visa unificar o processo de planejamento da Estratégia de Produção em diferentes etapas hierarquicamente classificadas - Figura 1.

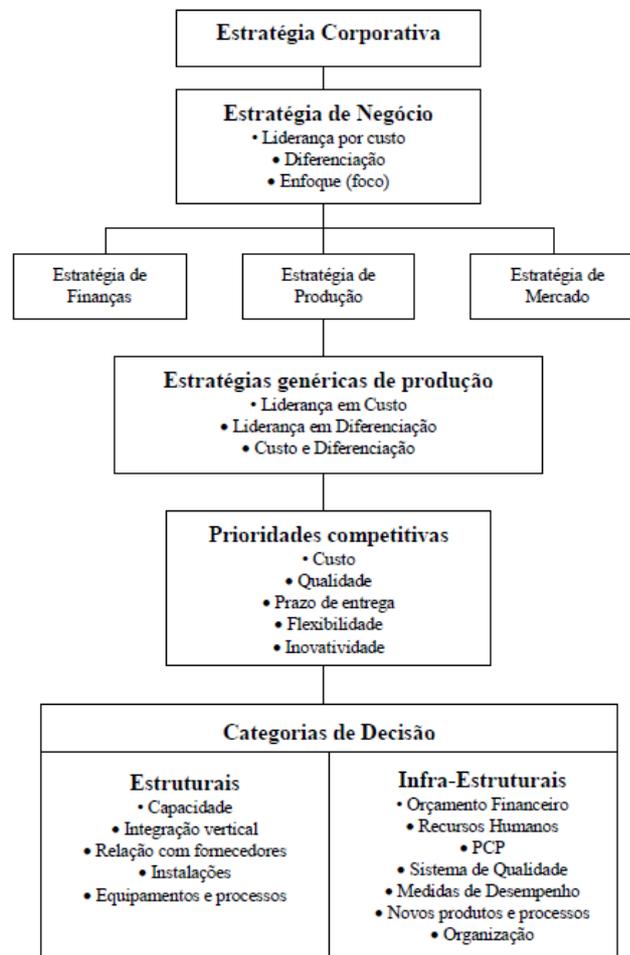


Figura 1: Processo de Planejamento da Estratégia de Produção
 Fonte: Dias (2005, p. 36)

A Figura 1 mostra como a tomada de decisão nos níveis mais operacionais relaciona-se com as estratégias de negócio e são por elas influenciadas. A seguir são discutidas a questão da Estratégia de Produção e as decisões associadas à questão da capacidade.

2.2.2 Estratégia de Produção e Capacidade

2.2.2.1 Introdução

Para Hayes *et al.* (2008) uma Estratégia de Capacidade deve considerar valores, recursos, abordagem de competição, e aceitar diferentes riscos para a empresa. Deve ainda, entrosar e reforçar estratégias e objetivos da empresa, além de incorporar um modelo mental com pressupostos e previsões de longo prazo do comportamento dos mercados, das tecnologias, custos e concorrentes (HAYES *et al.*, 2008).

Para Hopp e Spearman (2000), o planejamento da capacidade tem a função de verificar se a capacidade física instalada da indústria está adequada à previsão de demanda futura, e conseqüentemente, deve gerar um plano de adequação da empresa ao mercado. A decisão principal estaria em torno da aquisição ou não de novos equipamentos, e de alternativas que permitem elevar a capacidade do sistema produtivo (HOPP e SPEARMANN, 2000).

2.2.2.2 Decisões Estratégicas de Capacidade

De acordo com Hayes *et al.* (2008), a criação de um modelo que represente o mundo real deve conter os seguintes fatores:

- Prever crescimento e variabilidade de demanda de produção e serviços;
- Considerar os custos de construção e operação de instalações de diferentes tamanhos;
- Taxas e direções vantajosas da evolução tecnológica;
- Fornecedores – definido qual sua disponibilidade, custos e capacidade?

Para Hayes *et al.* (2008), muitos fatores afetam a capacidade numa interação complexa, que envolve o espaço físico, equipamentos, taxas de produção, recursos humanos, capacitações do sistema, políticas da empresa e confiança dos fornecedores. Devido a esses

fatores Hayes *et al.* (2008) acreditam ser difícil definir a capacidade de produção com muita acuracidade.

A Estratégia de Capacidade deve definir quais tipos de capacidade devem ser acrescidas no longo prazo, considerando a tendência e variabilidade das atividades da empresa e seu ambiente operacional (HAYES *et al.*, 2008). Alterar a capacidade em um curto período de tempo é difícil, devido às mudanças freqüentes de demanda, e por razões econômicas e técnicas.

Para Hayes *et al.* (2008, p.102) a capacidade real da operação “é a consequência de diversos problemas não planejados que a impedem de operar como esperado”. Por exemplo, um problema de rendimento que reduz a quantidade produzida de produtos bons, e ainda, gasta tempo de produção dos operadores e equipamentos ao retrabalhar produtos defeituosos.

Hayes *et al.* (2008) destacam 8 pontos que podem afetar a capacidade de produção:

- A tecnologia do processo afeta a eficiências dos recursos e a capacidade global da operação;
- A capacidade depende da interação de múltiplas restrições de recursos: os fatores limitantes ou gargalos podem ser a disponibilidade de máquinas e mão-de-obra, espaço de armazenamento, instalações de transporte, etc.;
- A capacidade depende do *mix*: processos diferentes resultam em uso dos recursos em quantidades diferenciadas;
- A capacidade pode, algumas vezes, ser armazenada: manter equipamentos e mão-de-obra em excesso são tipos diferentes de estoques, e que, afetam a capacidade;
- A capacidade depende de políticas de gerenciamento: as políticas definem o tempo de horas trabalhadas por dia, semana ou mês;
- A capacidade é dinâmica: através de melhorias contínuas a capacidade do sistema tende a aumentar, mesmo sem grandes investimentos pontuais;
- A capacidade é específica da localidade: os custos de transportes podem limitar a transferência de capacidade entre localidades distintas;
- A capacidade é afetada pelo grau de variabilidade de demanda e tempo de processamento: a capacidade é afetada pela variabilidade da taxa de chegada e

processamento do material. Segundo Hayes *et al.* (2008) quanto maior a variabilidade das taxas de chegada e processamento, maior será a quantidade de capacidade não utilizada.

Hopp e Spearman (2000) apontam outros parâmetros que devem ser considerados na tomada de decisões que afetam a capacidade do sistema:

- Vida do produto: considerando que muitas vezes a vida do produto é muito menor que a vida útil de um equipamento, deve-se ter em mente no processo de compra de um novo equipamento, a flexibilidade necessária para atender diversos produtos futuros. Ou, a vida do produto deve ser longa o suficiente para amortizar o investimento realizado. Considerando que previsões sobre demanda de produto são sempre incertas, uma planta industrial mais flexível pode ser uma estratégia relevante a ser seguida.
- Comprar ou fazer: a produção de componentes ou produtos realizada por terceiros é uma decisão que afeta a capacidade fabril. No entanto, a discussão centra-se no que pode ser terceirizado sem riscos ao negócio, pois o parâmetro custo não pode ser o único parâmetro a considerar, visto que podem acarretar na perda de *know-how* de um processo importante.
- Preço: a análise de retorno sobre investimento necessita passar por uma previsão de receita que é afetada pelo preço do produto. Como o preço não é controlado pela empresa, a decisão de investir em capacidade é sempre uma situação de risco. A análise de retorno sobre investimento deve constar em qualquer estudo de aumento de capacidade.
- Depreciação: o tempo de depreciação de equipamentos novos ou de investimentos em melhorias nos equipamentos já existentes deve compor o plano de capacidade.
- Manutenibilidade e recuperabilidade: é desejável uma boa análise dos equipamentos a serem adquiridos considerando fatores de manutenção do novo recurso. O resultado esperado é o aumento de disponibilidade através de um intervalo maior de Tempo Médio entre Falhas (MTBF - *Mean Time Between Failures*) e um menor Tempo Médio de Retomada após Falha (MTTR - *Mean Time To Repair*).

- Restrição interna de produção: adicionar capacidade na restrição do sistema produtivo trará maiores resultados na produção final do sistema de que investimentos em outros pontos do sistema produtivo.
- Variabilidade: um fator normalmente negligenciado pelas empresas é a questão da variabilidade, pois em equipamentos com variabilidade de falhas e manutenções podem afetar a produção mesmo não sendo identificadas como restrições.

2.2.2.3 Como Ampliar a Capacidade de Produção

Para Li *et al.* (2005) com o objetivo de capturar uma quantidade da demanda de mercado, num momento de acréscimo de demanda, uma resposta rápida de capacidade de produção é desejável. No entanto, não necessariamente o acréscimo de capacidade deve ser de grande escala. Para os autores, o ideal é acrescentar uma pequena quantidade de capacidade no momento em que houver equilíbrio entre a capacidade e a demanda reduzindo os problemas gerados por essa situação.

Qual o melhor momento para aumentar a capacidade de produção? Hayes *et al.* (2008) sugerem como relacionar a quantidade e disponibilidade da capacidade com as mudanças de demanda no longo prazo.

Abaixo é apresentado um breve resumo das políticas que relacionam capacidade e demanda (HAYES *et al.*, 2008):

- Política A - Demanda conduzida pela capacidade: consiste na estratégia de manter a capacidade acima da demanda com objetivo de reduzir a probabilidade de falta;
- Política B – Produzir para previsão: política que procura no longo prazo igualar a capacidade à demanda. Neste caso, a probabilidade de se ter falta é igual à probabilidade de se ter muita capacidade. Essa política incorre em risco de que, dado que a operação está próxima ao limite de capacidade, isto pode gerar aumento de estoques, confusão e aumento de custos;
- Política C – Acrescer capacidade quando a demanda excedê-la: neste caso existe a probabilidade de que ocorra faltas tendo em vista que há um ‘colchão’ negativo de

capacidade. Esta política assegura maior taxa de utilização dos recursos, porém atrela risco de perda de mercado, tendo em vista que acresce capacidade com certa defasagem em relação à demanda de mercado.

Para Zaeh e Mueller (2007) lidar com as incertezas de mercado é considerado um grande desafio para as empresas. Estes desafios são especialmente intensificados pela diminuição da estabilidade e da previsibilidade dos mercados na atualidade. Um meio possível de lidar com essas flutuações está centrado na flexibilidade para alterar estruturas de processos e seus parâmetros.

A partir de uma definição mais ampla de capacidade, vista “como sendo a habilidade de um negócio em atender a demanda do cliente”, Hayes *et al.* (2008) apresentam formas alternativas para formar ‘colchões’ de capacidade (por exemplo, alocação de estoques, equipamentos, pessoas e espaço físico). Para melhor entendimento, o ‘colchão’¹ de capacidade é a forma pela qual se acresce capacidade ao sistema para atender a demanda de produtos por um dado período, podendo estar relacionado com estratégias de cunho estrutural como aquisição de equipamentos ou de políticas de estoque, que atendem acréscimos de demanda sazonais. De um modo geral, é desejável que o ‘colchão’ de capacidade permita atender a um acréscimo de demanda de forma rápida e sem perda de pedidos.

A alocação de estoques é uma maneira de atender a uma demanda temporariamente maior que a capacidade. A formação de estoques pode ser de produtos finais ou intermediários, desde que permita uma resposta rápida à quantidade de produtos demandados. No entanto, o risco inerente está na dificuldade em saber quais itens serão necessários sob a possibilidade de acúmulo de produtos desnecessários (HAYES *et al.*, 2008).

Mais flexível que a formação de estoques, o ‘colchão’ de capacidade por equipamentos, pessoas e espaço físico², permite maior facilidade na gestão de *mix* e do volume de produtos (HAYES *et al.*, 2008). Uma possibilidade é manter ‘colchão’ de

¹ A palavra ‘colchão’ aqui empregada pode ser entendida como sinônimo de ‘pulmão’.

² Espaço físico é uma estratégia de crescimento. No entanto, difere de equipamentos e pessoas, pois, por si só, não gera capacidade, mas apenas permite que mais capacidade seja instalada.

capacidade parcial de planta e equipamentos, mas não de pessoas. Assim é possível administrar a capacidade real com horas extras e contratações. No entanto, essa possibilidade é tanto mais difícil quanto mais especializado for o operador de produção, em função das necessidades de treinamento (HAYES *et al.*, 2008).

Quanto ao momento ou estratégia de criar um ‘colchão’ de capacidade uma forma de equacionar o problema pode partir da análise dos custos relativos aos fatores de produção. Antunes *et al.* (2008) mostram a relevância de conhecer os custos relativos aos diferentes fatores de produção a partir da análise comparativa dos custos de instalação de uma célula de manufatura no Brasil, EUA e Japão. Enquanto no Brasil os custos de Mão-de-obra são baixos e o custo de capital elevado, tendendo por lógica de gestão a maximizar a utilização de trabalho em detrimento ao uso de capital, nos EUA e Japão, o custo de capital é menor e a lógica tende a ser outra. Desse modo o ‘colchão’ de capacidade pode ser definido de acordo com os custos relativo aos fatores de produção considerando o cenário em que está inserido, visando genericamente o menor impacto sobre o custo do produto. Considerando que o custo de capital seja elevado deve-se considerar a hipótese de formar um ‘colchão’ de capacidade centrada em mão-de-obra do que em equipamentos e produtos acabados.

A estratégia de ‘colchão’ de capacidade pode variar também de acordo com a situação de crescimento ou retração do mercado. Em um período de crescimento, o risco de longo prazo é relativamente menor, visto que, mesmo que o investimento seja feito de forma antecipada, no longo prazo é certo que essa capacidade será utilizada. Apesar de onerar os custos no curto prazo essa alternativa poderá alavancar novos negócios para a empresa (HAYES *et al.*, 2008).

Já para mercados estagnados ou em declínio, as perdas originadas de estratégias de ‘colchões’ de capacidade podem ser maiores. Operar em baixos níveis de utilização tende a gerar um maior custo unitário e uma elevação do risco. Ainda, devido à dificuldade de realizar novos investimentos, a fábrica pode ficar obsoleta e perder *Market Share* (HAYES *et al.*, 2008).

Para Hayes *et al.* (2008), o acréscimo de capacidade se dá em parcelas. O problema está em definir qual o tamanho ideal dos incrementos de capacidade a ser realizada. Os *trade-offs*, segundo Hayes *et al.* (2008), sobre qual o tamanho da parcela que se deve crescer envolvem os custos da seguinte forma: i) a redução do custo unitário vem da adição de uma

parcela grande de capacidade; ii) há um custo de operacionalizar uma instalação subutilizada até que a demanda ocupe toda a capacidade instalada; iii) há um custo associado à falta de capacidade quando a demanda excede a capacidade e ainda não foi inserida uma nova parcela de capacidade.

2.2.2.4 Princípios de Expansão da Capacidade

Hayes *et al.* (2008) criticam os atuais modelos para avaliar o impacto de diferentes estratégias de capacidade. Segundo os autores esses modelos são simplistas mantendo muitos fatores constantes, além de necessitar de previsões de custos e demanda que são difíceis de construir do ponto de vista prático. Para os autores esses modelos são evitados pelas empresas devido às dificuldades de utilização. Os gerentes tendem a preferir uma abordagem de cunho mais intuitiva.

Para Hayes *et al.* (2008), na prática, as empresas tendem a adotar princípios empíricos a respeito da expansão de capacidade. O Quadro 2 apresenta, os quatro princípios utilizados pelas empresas no que tange a decisões relativas à capacidade (HAYES *et al.*, 2008).

Filosofia	Característica	Risco
Não adicione capacidade até que haja a necessidade de seu desenvolvimento.	A capacidade normalmente é acrescida em períodos de crescimento do mercado.	Aumento de capacidade conjunta com a concorrência pode criar excesso de capacidade da indústria como um todo. E, ainda pode ocorrer tardiamente quando o mercado tende a cair.
Tente adivinhar o mercado ao acompanhar a estratégia contracíclica.	Adiciona capacidade em um ponto baixo no ciclo de negócio, antes da concorrência.	Além do risco de o crescimento esperado não ocorrer, a planta ainda terá que conviver com baixo nível de utilização até atender toda a capacidade.
Construir a perder de vista.	Não tenta adivinhar o mercado; mas, atuar com política de crescimento nas suas posições de venda no longo prazo.	Idem ao item anterior.
Siga o líder.	Menor risco porque se coloca na mesma posição do líder se beneficiando ou perdendo na mesma medida.	A empresa não constrói vantagem competitiva em termos de atendimento tendendo a permanecer na mesma posição de mercado.

Quadro 2: Princípios de Expansão de Capacidade

Fonte: Hayes *et al.*, 2008, p. 129 – 130.

Para Hayes *et al.* (2008), nenhum desses princípios pode ser seguidos por um longo período sob risco de levar a empresa a problemas. Para os autores, a cada situação de acréscimo de capacidade devem ser avaliadas as circunstâncias do momento, a situação competitiva e as estratégias de negócio.

Hayes *et al.* (2008) consideram que a melhor estratégia para uma dada organização depende de vários fatores, incluindo seu tamanho, tolerância ao risco, estrutura competitiva da indústria da qual a empresa faz parte e sua habilidade de diferenciar-se naquela indústria.

Como forma de conseguir vantagens no mercado Hayes *et al.* (2008) ressaltam que uma empresa financeiramente sadia pode ser capaz de fazer antes, “sair na frente”, de seus concorrentes no que tange ao aumento de capacidade. Este raciocínio, em períodos de crescimento rápido da demanda, permite as empresas garantir novas fatias de mercado.

As formas como fluem as decisões na organização é o assunto do próximo item.

2.2.2.5 Uso de Ferramenta na Tomada de Decisões

Para Hopp e Spearman (2000) a solução de problemas de manufatura deve seguir duas premissas: i) problemas a diferentes níveis da organização requerem diferentes níveis de detalhamento e modelagem e diferentes frequências de revisão; ii) ferramentas de planejamento e análise devem ser consistentes nos diferentes níveis de análise.

Não é coerente o uso de ferramentas que forneçam como saída de seu processamento um elevado grau de detalhamento com um plano de produção minuto-a-minuto para ser utilizado no plano agregado de produção, que trabalha com previsões numa escala de tempo de médio e longo prazo. No entanto, num horizonte de curto prazo, dias ou semanas, um plano de produção minuto-a-minuto pode ser adequado (HOPP e SPEARMAN, 2000).

Na construção de uma ferramenta ou método de trabalho de uso mútuo numa aplicação específica e em outras diferentes aplicações, Hopp e Spearman (2000) sugerem a seguinte seqüência de atividades:

- a. Dividir o sistema adequadamente: diferentes planos para diferentes partes do processo, diferentes categorias de produtos e diferentes horizontes.
- b. Identificar *links* entre as divisões: identificar semelhanças de processo e agrupar produtos.
- c. Usar *feedbacks* para dar mais consistência: necessário, pois todas as ferramentas de análise, planejamento e controle usam parâmetros estimados.

Para Hopp e Spearman (2000) o primeiro item a desenvolver num planejamento estruturado é a divisão das decisões e problemas em frações menores através do chamado planejamento hierárquico de produção. Implicitamente têm-se diferentes decisões associadas a diferentes modelos. Assim, com certo grau de divisão é possível tratar problemas complexos do mundo real do sistema de produção, utilizando modelos simplificados. Hopp e Spearman (2000) sugerem que a dimensão mais simples para dividir os problemas em modelos menores de planejamento e controle da produção é a escala de tempo do plano de produção. O plano de produção define desde a necessidade de construção de uma nova planta até o que será produzido na próxima semana. A diferença está no horizonte em que se deseja planejar o nível de detalhamento necessário.

Para Hopp e Spearman (2000) o horizonte de tempo do plano de produção é a principal dimensão que ajuda na tomada de decisão. Usando diferentes horizontes (curto, médio e longo prazo) os autores defendem que não é necessário olhar muito detalhadamente para um futuro distante para decidir sobre o que produzir em cada estação de trabalho. No longo prazo as decisões são orientadas de forma mais macro trazendo definições como: a construção ou não de uma nova planta, estratégias de marketing, programas de desenvolvimento de pessoas, etc. Já decisões de curto prazo como a próxima peça que será produzida num determinado equipamento, precisam ser analisadas num intervalo de horas ou minutos e requerem um alto grau de detalhamento.

Está claro que o horizonte de planejamento³ atravessa os níveis da organização. Os planos de longo prazo são associados às áreas estratégicas. Os planos de médio prazo, em geral, procuram traduzir as definições estratégicas em ações operacionais estão associados às áreas de nível tático. Já no curto prazo estão às ações mais rotineiras, de cunho operacional como, por exemplo, as decisões sobre *setups*, controle de processo e qualidade, etc.

Para Hopp e Spearman (2000) a divisão das decisões de produção não garante o sucesso da operação da manufatura. Para os autores, o mais relevante está na coordenação adequada entre os planos estratégico, tático e operacional. Enquanto o planejamento de longo prazo define se a capacidade de produção com uma visão de *mix* e volume, o plano de médio prazo define com mais detalhes o plano de produção, lista de materiais, segmentos de venda, etc. Assim o planejamento passa de nível em nível até a sua efetivação e controle no nível de controle.

Apesar do nível de informação analisada em cada nível ser diferente, Hopp e Spearman (2000) alertam que, mesmo num plano de longo prazo, é necessário ter dados acurados quanto à rotina do processo (por exemplo, o efeito do número de *setups* na capacidade de produção). Desta forma o erro entre o planejamento estratégico e o tático é menor.

O uso de ferramentas pode auxiliar para dar mais consistência ao planejamento. No entanto, nunca será um plano exatamente correto, porque as máquinas falham, as pessoas ficam doentes e faltam, ocorrem problemas de qualidade ou de processo, tornando o sistema produtivo complexo de modo que um modelo simplificado não consegue reproduzir com exatidão a realidade. Hopp e Spearman (2000) sugerem, para que o plano de curto prazo atenda ao planejado, que se defina ainda no nível tático um pulmão (*buffer*) de capacidade ou um pulmão (*buffer*) de *lead time* para, com isso, atender as variações de produção.

³ A escala do intervalo de horizonte de planejamento depende do negócio em que a empresa atua. Por exemplo, uma indústria que produz óleo industrial pode fazer seu planejamento de longo prazo com horizonte de décadas, desde que consiga prever os efeitos das decisões nesse período.

2.3 MODELOS DE ANÁLISE DE CAPACIDADE E DEMANDA

2.3.1 Considerações Iniciais

De um modo geral as empresas estão inseridas num ambiente altamente competitivo onde o planejamento, na medida em que reduz os riscos de erros nas tomadas de decisões, ganha crescente importância. Nesse contexto as empresas precisam utilizar melhor seus ativos ampliando sua capacidade instalada e minimizando os custos de produção.

O resultado econômico-financeiro de uma empresa já consolidada no mercado está diretamente relacionado com sua capacidade de atender as demandas de produtos com o menor custo possível. Portanto, planejar o atendimento de uma demanda futura é vital, seja pelo fato de que as previsões de vendas podem conter erros relevantes, seja, pela ausência de um instrumento de análise gerencial adequado que permita planejar a capacidade com o realismo necessário para atender as tendências de mercado.

Mcnair *et al.* (2003) acreditam que gestores tendem a tomar decisões de capacidade não com base na capacidade de seus ativos, mas sim considerando a demanda futura esperada. Um gestor que acredita que a demanda futura ocupará mais de 100% da capacidade de seus ativos se comportará de forma diferente, adquirindo uma nova máquina por exemplo, do que aquele que percebe uma baixa utilização nos ativos atuais. A subjetividade sugerida por Mcnair *et al.* (2003) pode ter um contra ponto se houver um bom modelo de apoio a tomada de decisão.

Para Souza (2000), considerar a capacidade produtiva para atender os planos de produção é um problema relevante a ser enfrentado no planejamento da manufatura. Programar a produção considerando quando deve iniciar e terminar uma tarefa, somente será factível se houver capacidade produtiva suficiente para tal.

A abordagem de execução da produção tem início a partir de informações de demanda de mercado, formalizadas pelo Plano Mestre de Produção (PMP), usualmente as empresas utilizam o MRP para gerar a programação de produção e dos materiais. No entanto, é

necessário verificar antecipadamente se há capacidade instalada para atender determinada demanda e, ainda mais importante, é preciso saber quais ações precisam ser tomadas para atender à variação de demanda num cenário futuro. Isso é especialmente relevante em casos de aumento de capacidade, nos quais uma decisão errada pode agregar mais custo ao produto ou resultar em perdas de receita potencial.

Existem duas abordagens principais quanto à consideração da capacidade: infinita e finita.

Nos sistemas de planejamento de produção com capacidade infinita, a programação desconsidera o problema de capacidade nos postos de trabalho, o que equivale à execução exclusiva do cálculo dos materiais necessários. Já, os sistemas do tipo finito alocam a carga nos recursos em intervalos de tempo, os quais são preenchidos com a capacidade necessária através do escalonamento das atividades ou de forma seqüencial, ordem por ordem (SOUZA, 2000).

Os módulos de dimensionamento do MRP, o Planejamento da Capacidade Agregada (RCCP) e o Planejamento da Capacidade Requerida (CRP), cada qual em um nível hierárquico da estrutura do MRP auxiliam na sistemática de avaliação da demanda versus a capacidade instalada. Apesar de o MRP ser amplamente utilizado pelas empresas os módulos de análise de capacidade são menos utilizados. Na Teoria das Restrições (TOC) há a preocupação em avaliar a capacidade de atender a demanda de mercado, e acrescenta ainda em sua análise, a percepção que o ganho global é relativo ao *mix* de produção definido. Se assim considerado, a empresa pode, no caso de demanda maior que a capacidade, escolher o melhor *mix* de produção.

Klippel *et al.* (2003) abordam a relação existente entre Oferta e Demanda com a visão do Mecanismo da Função Produção proposta por Shingo, dividindo em *Função Processo* e *Função Operação*. Para Klippel *et al.* (2003) a análise da Capacidade de uma linha depende da análise da Oferta do recurso produtivo. Sob essa mesma ótica Antunes *et al.* (2008) propõem uma Metodologia de Análise de Capacidade e Demanda, baseado em um modelo determinístico, considerando a eficiência dos recursos de produção.

Uma análise da Capacidade versus a Demanda pode auxiliar na tomada de decisão de temas relevantes para o negócio. Isso ocorre a partir de diferentes perspectivas, desde o curto prazo (definição de horas extras, por exemplo) quanto de médio e longo prazo (por exemplo,

redução no tempo de setup, aquisição de máquinas, etc.). Da mesma forma envolve diferentes níveis de uma organização, desde o operacional, passando pelo tático até o estratégico.

Apesar de que a construção de modelos implica sempre numa simplificação da realidade, dado que é impossível representar completamente os sistemas complexos reais, é relevante discutir e construir métodos com objetivo de melhorar o processo de tomada de decisão. Sendo assim, a partir da Análise Capacidade e Demanda (CXD) discute-se um modelo que consiga agregar diferentes informações e fornecer de forma consistente, os pontos críticos de capacidade de um processo produtivo, além de fornecer idéias claras de como atuar para promover a melhoria do sistema como um todo.

Este item tem por objetivo mostrar as diferentes ferramentas de determinação da capacidade propostos usualmente na literatura e normalmente utilizados pelas empresas, bem como discutir os modelos de tomada de decisão associada com a capacidade fabril.

2.3.2 Sistema MRP

O MRP é um método utilizado para ordenar as necessidades de materiais estabelecidos pelo Plano Mestre de Produção e Materiais. Também é um instrumento de controle de compras de componentes. Para Hopp e Spearman (2000) a função básica do MRP é, conforme propõe o próprio nome, um plano de requerimentos de materiais usados para coordenar ordens internas e externas. As ordens externas são as ordens de compras. As internas são as ordens de fabricação de produto. A função foco do MRP é escalonar ordens de produção e compras de modo a satisfazer as necessidades de materiais gerados por uma demanda externa.

O MRP combina duas dimensões básicas de controle de produção: a quantidade e o tempo. O sistema determina a quantidade necessária de todos os itens, desde o produto final, os componentes utilizado para montar o produto, e, entradas de materiais comprados. Também, determina o tempo de produção ordenado por prazo de entrega.

O MRP trabalha com o planejamento do item final (produto acabado) e de seus componentes. A relação entre os itens finais e os itens dos níveis inferiores (componentes) é descrita por uma lista de material (BOM – *Bill Of Materials*).

O Modelo Hierárquico, para Sistemas Empurrados, como o utilizado pelo MRPII segue uma seqüência de decisões que tem origem na Previsão de vendas e culmina no controle de produção.

Hierarquicamente seqüenciado o Sistema de Planejamento de Recursos tem origem na análise de demanda, passa pela definição do Plano Mestre de Produção, considerando políticas de estoque e Planejamento de Capacidade de Médio Prazo, e, avalia o PMP considerando os materiais necessários e o Planejamento das Necessidades de Capacidade de curto prazo. Por fim, segue a execução e controle do planejado. Esse modelo é apresentado por Frazier e Gaither (2004) - Figura 2.

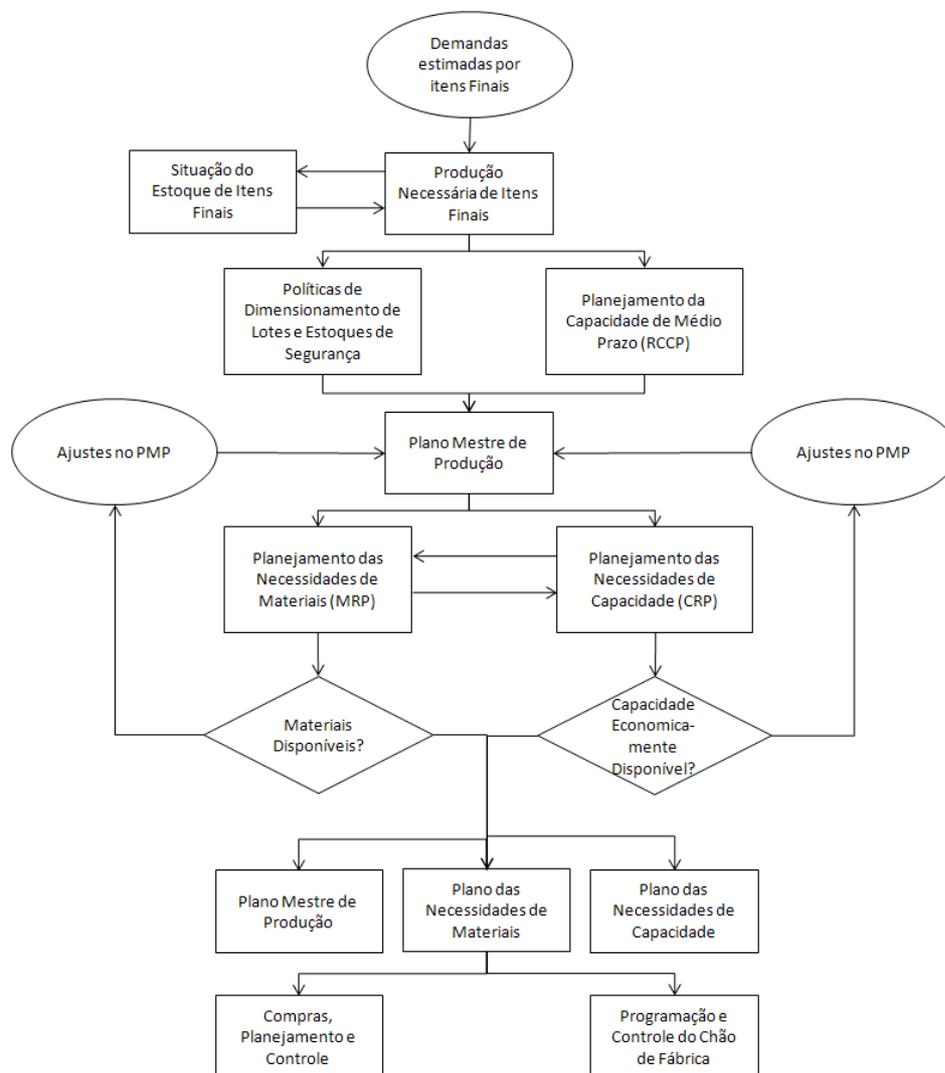


Figura 2: Sistema de Planejamento das Necessidades de Recursos
Fonte: Frazier e Gaither (2004, p.311).

O MRP apresenta dois módulos de análise de capacidade e demanda, que serão tratados mais detalhadamente a seguir: RCCP e o CRP.

2.3.2.1 Módulos de Planejamento de Capacidade no MRP

O tema central a ser discutido no MRP, para essa pesquisa, refere-se aos módulos que se relacionam a capacidade, Planejamento da Capacidade Grosseira (RCCP) e Planejamento da Capacidade Requerida (CRP). A diferença entre os dois módulos de planejamento de capacidade decorre de que o RCCP verifica a capacidade grosseira e faz uma análise menos detalhada da relação capacidade e demanda. Já o módulo CRP verifica a capacidade de atender uma ordem considerando os limites de cada recurso. Os próximos sub-capítulos tratam desse tema.

2.3.2.1.1 Módulo RCCP – Planejamento de Capacidade Grosseira

O módulo RCCP (*Rough-Cut Capacity Planning*) do MRP é utilizado para verificar a capacidade de alguns recursos críticos quanto à viabilidade de atender ao PMP. O RCCP é uma ferramenta para checar a performance da capacidade após o processamento do MRP. O RCCP faz uso de uma lista de recursos para cada item final no PMP. A lista de recursos gera como resultado o número de horas necessárias para cada recurso crítico para produzir determinado item final, considerando os subitens necessários (HOPP e SPEARMANN, 2000).

Hopp e Spearman (2000) esclarecem que o RCCP não realiza nenhum tipo de compensação. Assim, os períodos utilizados devem ser longos o suficiente para que sejam produzidos os componentes e subconjuntos do item final dentro de um período único de produção. O RCCP assume que a demanda pode ser satisfeita sem levar em conta a situação atual da produção, desta forma, o RCCP fornece uma estimativa otimista de que pode ser feito. Embora isso possa ser aceitável para o produto final, é menos aceitável para subconjuntos e componentes, em especial quando há muitos componentes compartilhados e os níveis de estoques são elevados.

Para mais fácil entendimento faz-se uso de um exemplo proposto por Hopp e Spearman (2000), supondo que uma peça ‘A’ seja produzida com os componentes ‘A1’ e ‘A2’. A peça ‘A’ precisa de 1 hora de processamento na operação 21, enquanto os componentes ‘A1’ e ‘A2’ precisam de 1 hora e 30 minutos, e, 1 hora, respectivamente. Então a lista de recursos para produzir a peça ‘A’ mostra 2 horas e 30 minutos de processamento para unidade de ‘A’. Supondo que uma peça ‘B’ também utilize o recurso 21 em 2 horas, e, supondo as demandas semanais de ‘A’ e ‘B’ conforme Quadro 4:

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

Quadro 3: Demandas semanais em exemplo de indústria fabril
Fonte: Hopp e Spearman (2000, p. 138).

O RCCP calculará, para as peças ‘A’ e ‘B’, o tempo de processamento necessário para a operação 21, conforme apresentado no Quadro 5:

Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
Peça A (horas)	25	25	25	50	50	50	50	25	300
Peça B (horas)	10	50	10	30	20	50	30	10	210
Total A e B (horas)	35	75	35	80	70	100	80	35	510
Tempo disponível do recurso 21 (horas)	65	65	65	65	65	65	65	65	520
Diferença	+30	-10	+30	-15	-5	-35	-15	30	+10

Quadro 4: Resultado gerado pelo Módulo RCCP do MRP em exemplo de uma empresa
Fonte: Hopp e Spearman (2000, p.138).

Percebe-se pelo Quadro 5 que, se for considerado somente o agrupamento total da demanda no período de 8 semanas, tem-se uma demanda total de 510 horas, enquanto a capacidade é de 520 horas. Por esse prisma a capacidade instalada é suficiente para atender a demanda. No entanto, o detalhamento semanal da previsão mostra outra faceta do problema, na qual diversas semanas possuem demanda maiores que a capacidade. Portanto, será

necessário rever o Plano Mestre de Produção, alterando sempre que possível o prazo de entrega, ou, ajustando a capacidade fazendo, por exemplo, horas extras (HOPP e SPEARMANN, 2000).

A crítica que se faz ao modelo de cálculo da capacidade apresentado por Hopp e Spearman (2000) referente à estrutura do MRP, é que os modelos RCCP não consideram a eficiência (IROG, OEE, TEEP) no cálculo de capacidade. Isso pode resultar num erro no valor da capacidade real dos equipamentos e, por consequência, acarretar em problemas práticos associados à identificação de recurso restritivo. Por exemplo, um recurso de menor capacidade nominal e alto índice de eficiência pode apresentar maior capacidade real do que outro recurso de maior capacidade nominal que, no entanto, apresenta baixo índice de eficiência global. Portanto, não é possível identificar a restrição real do sistema sem considerar as eficiências específicas dos recursos envolvidos.

2.3.2.1.2 Módulo CRP – Planejamento da Capacidade Requerida

O CRP é um sistema de análise da capacidade que tem por lógica determinar a capacidade necessária para executar uma ordem de produção, considerando *lead times* de fabricação (SOUZA, 1999). O escalonamento é feito por ordens de produção, baseado na estrutura do produto, roteiros de fabricação e *lead times* fixos.

Um exemplo de como o CRP trabalha é apresentado por Hopp e Spearman (2000): considerando um processo que tem 3 dias de *lead time* e capacidade de 400 peças por dia. Atualmente 400 unidades estão no início do processo, 500 unidades faltam 2 dias de processamento, e, 300 unidades restam 1 dia de processamento. Os próximos 5 dias possuem o planejamento apresentado na Figura 6.

Dias	1	2	3	4	5
Plano de ordens de produção	300	350	400	350	300

Quadro 5: Demanda diária para exemplo ilustrativo do módulo CRP
Fonte: Hopp e Spearman (2000, p.139)

Considerando o *lead time* de 3 dias, pode-se prever quando as peças serão processadas. E, considerando o limite de capacidade diário de 400 peças, verificam-se quando a demanda excede a capacidade. A Figura 7 apresenta na forma gráfica o resultado da programação para os 8 dias planejados.

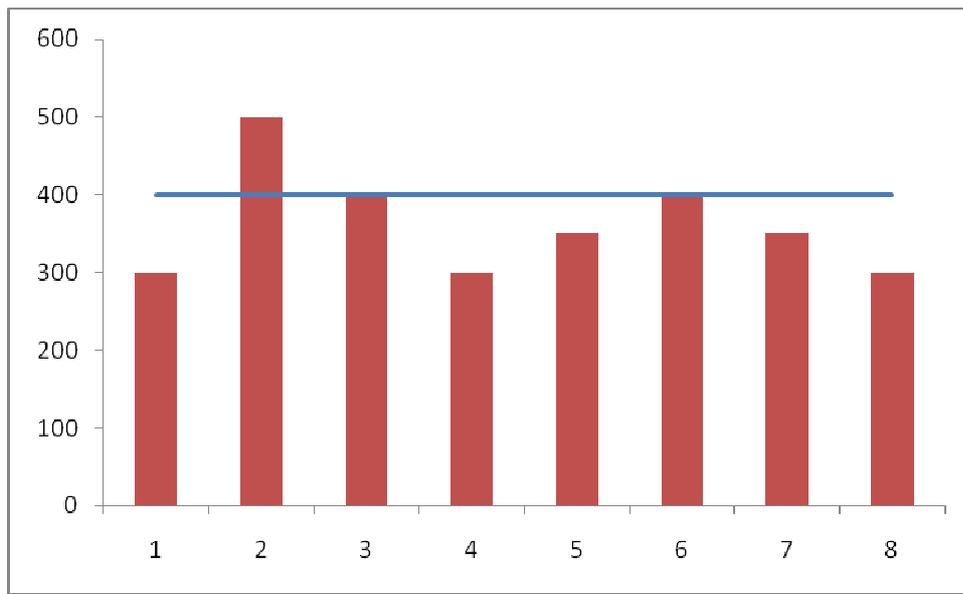


Figura 3: Gráfico da relação diária entre capacidade e demanda utilizada no Módulo CRP

Fonte: Hopp e Spearman (2000), p. 140.

Percebe-se que o segundo dia de programação a demanda excede a capacidade, no entanto, o MRP não resolve os problemas de sobrecarga, apenas aponta a falta de capacidade. Mesmo com a capacidade excedida no segundo dia, o CRP assume que o *lead time* de fabricação não muda o que irá acarretar numa sobrecarga do sistema gerando atrasos de entrega. Por esse motivo, Hopp e Spearman (2000), apontam que o CRP assume um modelo de capacidade infinita.

Para Souza (1999) a solução para os problemas de sobrecarga no processo de análise de capacidade gerado pelo MRP recai sobre o programador, que precisa encontrar uma solução apropriada. Considerando as alternativas apontadas pelo autor, tem-se: utilização de horas extras, terceirização de serviços, utilização de roteiros alternativos, agrupamentos de lotes de produção e redução de tempos gastos com *setups*, e, negociação com clientes e alteração de Plano Mestre de Produção. Para Hopp e Spearman (2000) o CRP falha ao não

oferecer informação extra ao programador como, por exemplo, qual é a causa do problema ou o que fazer para corrigi-lo.

2.3.3 Modelo TOC de Determinação da Capacidade e Análise de Ganho

A preocupação de Goldratt passa por definir com clareza a meta principal de uma empresa, que é definida como “ganhar dinheiro hoje e no futuro” (GOLDRATT, 1991). Segundo Goldratt (1997), não seria possível atingir a meta de ganhar dinheiro hoje e no futuro sem satisfazer empregados e clientes hoje e no futuro. Alvarez (1996) apresenta uma visão ampliada quanto às metas globais das empresas, adicionando outras duas metas:

- a. Satisfazer os empregados hoje e no futuro;
- b. Satisfazer os clientes hoje e no futuro.

O pensamento de Goldratt assemelha-se ao de Ohno, conforme mostram Antunes *et al.* (2008), pois Goldratt defende a visão de sistema do processo produtivo numa relação direta com o Mecanismo da Função Produção proposto por Ohno. Para Antunes *et al.* (2008) isso fica claro na frase de Goldratt “A soma dos ótimos locais é diferente do ótimo global do sistema”.

A TOC procura administrar os recursos produtivos no sentido da maximização dos ganhos, e para tal propõe três medidas de desempenho globais que devem nortear a administração das empresas, são eles: o lucro líquido, o retorno sobre investimento e o fluxo de caixa (GOLDRATT, 1997). A partir desses indicadores de desempenho o autor propõe outros três parâmetros operacionais que visam verificar se as ações do dia-a-dia podem ser ligadas aos indicadores globais, que são (GOLDRATT E FOX, 1992): i) Ganho: diferença entre preço de venda e custo totalmente variáveis e diretos e relacionados com os produtos vendidos; ii) Inventário: representa o valor investido pela companhia em ativos com o objetivo único de gerar resultado; iii) Despesa Operacional: todo valor gasto para a transformação dos inventários em ganhos.

Para Antunes *et al.* (2008), Goldratt forma, por meio dos indicadores operacionais (ganho, inventário e despesas operacionais), uma divisão conceitual clara entre “o mundo dos ganhos” expressado pelo indicador Ganho, e, o mundo dos custos a partir dos indicadores investimento e despesas operacionais. Para Goldratt uma empresa deve preferir os mundos dos ganhos. Isto porque não há limitações para aumentar o ganho de uma empresa. Já no mundo dos custos a redução de investimento deve ser preferida, pois o impacto da redução de inventário em toda a operação trará ganhos como: melhoria de qualidade, entrega de produto no prazo, diminuição no tempo de atravessamento, etc. (ANTUNES *et al.*, 2008).

A TOC procura administrar os recursos produtivos no sentido da maximização dos ganhos. Um exemplo ilustrativo da TOC é apresentado por Rodrigues (1990). O exemplo transcrito a seguir trás discussões relevantes no que tange ao tema desse trabalho.

2.3.3.1 Exemplo da Metodologia TOC (Produtos P&Q)

O exemplo apresentado a seguir foi extraído de Rodrigues (1990). Considerando uma empresa hipotética que fabrica dois produtos, o produto P e o produto Q. Segue as informações básicas da produção de P e Q.

Para os produtos P e Q, tem-se as informações: i) Demanda máxima de mercado de P=100 unidades/semana, e, para Q=50 unidades/semana; ii) Preço de venda: P=\$90,00/unidade, e, Q= 100,00/unidade. Quanto aos recursos tem-se que cada operação conta com um operador que trabalha 8 horas por dia, 5 dias por semana, totalizando 40 horas semanais. Já as despesas operacionais são de \$6.000,00 por semana.

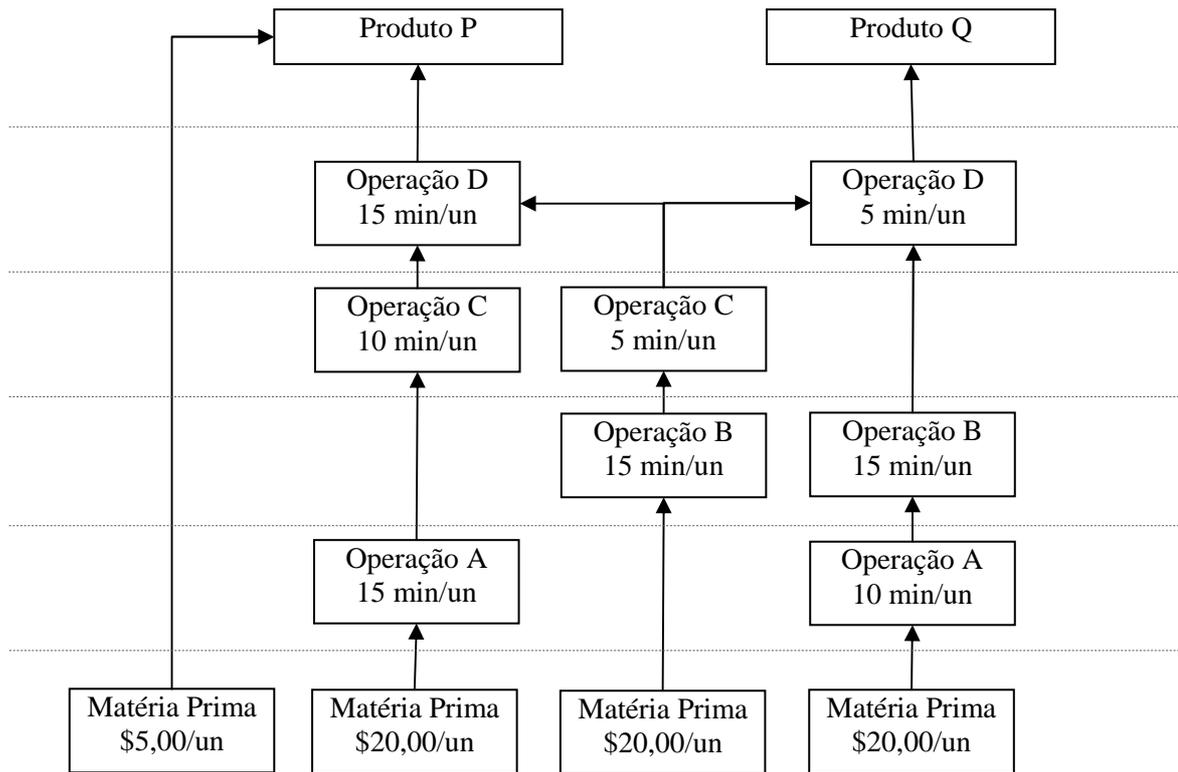


Figura 4: Fluxo de fabricação de produtos P e Q
Fonte: Rodrigues (1990).

O primeiro passo é identificar a restrição. O Quadro 6 apresenta, resumidamente, o cálculo de identificação da restrição no modelo utilizado pela TOC.

Operador	Produto	Quantidades (unidades)	Tempo (minutos)	Carga (minutos)	Carga Total (minutos)	Disponibilidade (minutos)	Folga (minutos)
A	P	100	15	1500	2000	2400	400
	Q	50	10	500			
B	P	100	15	1500	3000	2400	-600
	Q	50	30	1500			
C	P	100	15	1500	1750	2400	650
	Q	50	5	250			
D	P	100	15	1500	1750	2400	650
	Q	50	5	250			

Quadro 6: Planilha de cálculo de identificação da restrição segundo a TOC
Fonte: Rodrigues (1990).

Tendo em mente que não é possível atender a toda a demanda de mercado, visto que há uma restrição interna (operação B). Então, se põe uma questão muito importante, qual seria o *mix* de produção que resultaria em maior ganho para a empresa?

Uma análise rápida, porém equivocada, privilegiaria a produção do item Q, pois esse tem uma margem unitária melhor. Considerando então a produção prioritária de Q na quantidade máxima aceita pelo mercado (50 unidades por semana). Ainda, restará capacidade no recurso B para produção de 60 unidades por semana do Produto P, que completa o *mix* de produção, visto que os demais recursos são subordinados as decisões da restrição. Para o *mix* proposto o lucro é dado por:

$$\text{Lucro} = \text{Ganho} - \text{Despesas Operacionais} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$\text{Lucro} = 60 \times 45,00 + 50 \times 60,00 - 6.000,00 = -300,00$$

Rodrigues (1990) apresenta uma forma diferente de definição do *mix*, considerando a taxa de ganho horário do gargalo. A taxa de ganho do gargalo considera quanto lucro um determinado produto gera num intervalo de tempo do gargalo. Abaixo é apresentado o cálculo.

$$\text{Taxa de lucro do item} = \text{produção horária no gargalo} \times \text{preço} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$\text{Tx. de lucro de P} = 4 \text{ peças/hora} \times \$45,00/\text{peça} = \$180,00/\text{hora}$$

$$\text{Tx. de lucro de Q} = 2 \text{ peças/hora} \times \$60,00/\text{peça} = \$120,00/\text{hora}$$

Por essa nova lógica é desejável priorizar a produção de P. Atendendo toda a demanda de mercado do item P (100 unidades por semana), restando ainda capacidade de produção de 30 unidades de Q. Para esse *mix* o ganho resultante será.

$$\text{Lucro} = 100 \times 45,00 + 30 \times 60,00 - 6.000,00 = 300,00$$

Pelo resultado obtido percebem-se as vantagens obtidas pela análise da taxa de ganho do gargalo na definição de *mix* de produção.

Ressalta-se que não foi utilizado no modelo o índice de eficiência dos recursos (IROG, OEE) para dimensionamento da capacidade real dos recursos. Sendo assim, as mesmas críticas já elaboradas em relação ao MRP podem ser feitas para uma análise mais profunda do modelo simplificado proposto no âmbito da TOC.

2.3.4 Modelo de Análise CXD Proposto por Antunes *et al.* (2008)

Antunes *et al.* (2008) postulam que em geral, as lógicas adotadas para a determinação da capacidade nas empresas têm rigor científico inadequado, na medida em que, na maior parte das vezes, não consideram as reais eficiências dos equipamentos. Outro problema daí derivado está relacionado à determinação dos chamados gargalos produtivos e dos recursos com capacidade restrita – os CCRs (ANTUNES *et al.*, 2008, p. 167).

Antunes *et al.* (2008) propõem um modelo conceitual para análise macro e determinística da relação capacidade versus demanda, para determinação de gargalos reais e potenciais. Esse método será discutido em detalhes nesse capítulo. Mas antes, para compreensão da Ferramenta CXD no processo de identificação da restrição e dimensionamento da capacidade, discute-se os conceitos de Restrição da Produção e Eficiência Global dos equipamentos.

2.3.4.1 Restrição da Produção

Uma das questões mais relevantes na tomada de decisão de um sistema produtivo é o gerenciamento da restrição (GOLDRATT, 1997). Isso passa por identificar a restrição e por gerenciar e promover melhorias de modo que a restrição não impacte negativamente nas metas estipuladas pela empresa. Neste sub-capítulo será apresentado e discutido a Teoria das Restrições de Eliyahu Goldratt e, também, conceitos de gestão da restrição propostos por Antunes *et al.* (2008).

2.3.4.1.1 Gargalos e CCRs

Goldratt (1991) define restrição como qualquer coisa que impeça uma organização de alcançar a sua meta. As restrições podem ser físicas, como pessoal ou matéria-prima, ou não físicas (por exemplo, políticas, procedimentos e práticas adotadas pela organização). Segundo Goldratt (1991), a Teoria das Restrições (TOC) tem por base o princípio de que qualquer sistema tem ao menos uma restrição. Caso contrário este sistema poderia produzir uma quantidade infinita do seu produto.

Para Ohno (1997), se a Capacidade de um equipamento for maior que a Demanda o mesmo não é considerado restritivo, ou seja, ele não limita a produção. Define ainda que estes recursos não restritivos podem ser metaforicamente denominados de recursos “lebre”. Por outro lado, quando a Demanda for maior que a Capacidade, o equipamento passa a ser um recurso restritivo que limita a produção. Este pode ser percebido referencialmente como um recurso “tartaruga”.

Antunes *et al.* (2008) definem gargalo como sendo constituído de recursos cuja capacidade disponível é menor do que a capacidade necessária para atender às ordens demandadas pelo mercado. São os recursos cuja capacidade instalada é inferior a demanda do mercado no período de tempo, geralmente longo, considerado para análise. No caso de haver diversos recursos que possuam valores de capacidade menores que a demanda futura analisada, o gargalo tenderá a ser aquele que apresentar maior déficit negativo (ANTUNES *et al.*, 2008).

Antunes *et al.* (2008) ressaltam que, no entendimento da Função Processo, é fundamental compreender a diferença entre dois tipos de recursos restritivos que limitam os fluxos de materiais no processo produtivo e, portanto, afetam o resultado global da empresa, são eles: os Gargalos e os Recursos de Capacidade Restrita – CCRs.

Antunes *et al.* (2008) ressaltam que o conceito de gargalo está relacionado a aspectos estruturais da empresa. Embora cientificamente seja necessário reavaliar os gargalos quando ocorrem variações de *mix* ou volume de produto demandado, na prática das empresas existe uma tendência do gargalo não se modificar significativamente em função de aspectos relacionados ao balanceamento real (cotidiano) das capacidades dos postos de trabalho (ANTUNES *et al.*, 2008, p.110).

Antunes *et al.* (2008) apontam algumas características inerentes aos gargalos: i) os gargalos tendem a permanecer no mesmo lugar caso não sejam realizadas atividades de melhorias no curto prazo; ii) os gargalos existentes na fábrica tendem a serem poucos e, muitas vezes, podem se reduzir a um único por um considerável período de tempo; iii) para modificar o gargalo são necessárias ações tanto de aumento de capacidade como também ações que reduzam a demanda de produto no recurso restritivo.

Os CCRs diferem dos gargalos. Isto porque são recursos que, em média, têm capacidade superior a necessária para atender determinada demanda. No entanto, em função de variabilidades nos sistemas produtivos ou devido a variações significativas de demanda, podem, conjuntamente, apresentar restrição de capacidade (ANTUNES *et al.*, 2008, p.110).

Hopp e Spearman (2000, p.) acreditam que a variabilidade pode causar grandes impactos na performance do sistema produtivo e postulam a lei da variabilidade: “o aumento de variabilidade sempre resulta em perda de performance do sistema produtivo”. Hopp e Spearman (2000) afirmam que a variabilidade de processo pode ser originada de questões simples como variações no procedimento de trabalho e questões complexas como *setups*, problemas de qualidade, quebras de máquinas, etc.

As causas de variabilidades podem ser as mais diversas, como sugerem Antunes *et al.* (2008): i) problemas de seqüenciamento da produção. Fatores como paradas não programadas dos equipamentos, alterações de demanda do cliente, variações de *mix* de produtos, são algumas das causas que afetam o seqüenciamento de produção e com isso culminam em gerar distúrbios em todo o sistema produtivo; ii) problemas relativos à manutenção; iii) questões associadas a tempos de setup que apresentam tempos de preparação muito acima dos tempos programados; iv) problemas de fornecimento de materiais; v) problemas de qualidade de produtos; vi) variabilidade e sazonalidades da demanda.

Antunes *et al.* (2008) apontam também as características que identificam os CCRs: i) os CCRs são conjunturais. Tendem a ocorrer ao lado de um conjunto significativo de recursos que, ao longo do tempo considerado, podem mudar com frequência; ii) os CCRs estão diretamente relacionados às variabilidades nos sistemas produtivos e/ou grandes variações de demanda que lhes são impostas. Há aqui uma necessidade de gerir os CCRs visando à eliminação sistemática dessas fontes de variação. Antunes *et al.* (2008) destacam algumas ações que possibilitam a redução da variação no processo produtivo: i) padronização das

preparações; ii) melhorias e padronização das ações de manutenção, visando aumentar a confiança nos equipamentos; iii) garantia de formas eficazes de sincronização da produção; iv) aumento da confiabilidade no fornecimento de peças; v) nivelamento de capacidade e demanda, antecipando ou postergando a produção de peças para alguns pedidos com data de entrega críticos.

No quesito de investimentos para tratar as restrições e elevar os resultados da empresa, Antunes *et al.* (2008) tratam de esclarecer que, num primeiro momento, investimentos em gargalos são naturais vistos que são restrições de cunho estrutural e aquisições de máquinas ou investimentos em melhorias estruturais podem ser necessárias. No entanto, avaliando as restrições do tipo CCRs os autores alertam que seria um equívoco investir em equipamentos para equacionar este tipo de restrição. A idéia básica no caso dos CCRs é de gerir melhor os recursos já existentes. Pode haver investimentos em caso de tratar problemas complexos como o de seqüenciamento de produção que pode exigir uma ferramenta ou *software* robusto.

Antunes *et al.* (2008) ressaltam ainda que alguns investimentos de melhoria em gargalos podem ser relativamente baixos, vistos que estão associados a melhores práticas, métodos e técnicas do Sistema Toyota de Produção, como por exemplo: Troca Rápida de Ferramentas (TRF) e Manutenção Produtiva Total (TPM).

2.3.4.2 Ferramenta CXD Proposta por Antunes *et al.* (2008)

Um dos pontos de partida é a determinação, com a máxima precisão possível, da capacidade grosseira de produção. A capacidade grosseira de um recurso é dada pela multiplicação da sua capacidade nominal (medida de tempo – t) pelo índice de eficiência global calculado para este recurso (μ_g) (ANTUNES *et al.*, 2008). O Índice de Eficiência global é calculado a partir do produto de três sub-índice: i) Índice de Tempo Operacional; ii) Índice de Performance Operacional; e, iii) Índice de Produtos Aprovados.

A demanda de produtos num dado recurso pode ser calculada através da multiplicação das taxas de processamento unitárias (ou tempos de ciclo nos casos de produção peça a peça) pelas quantidades obtidas a partir das informações provenientes das previsões de vendas e/ou dos pedidos efetuados pelos clientes – pedidos firmes (ANTUNES *et al.*, 2008).

Antunes *et al.* (2008) propõem o uso de uma planilha de cálculo simples contendo todas as informações para cálculo da capacidade grosseira e da demanda de produção, e, posterior análise das diferenças entre C e D - Figura 5.

Produtos	Programação mensal	Tempo de ciclo por equipamento				Demanda mensal por equipamento			
		Equipe 1	Equipe 2	Equipe 3	Equipe 4	Equipe 1	Equipe 2	Equipe 3	Equipe 4
A	PMa	t1a	t2a	t3a	t4a	t1a x PMa	t2a x Pma	t3a x PMa	t4a x PMa
B	PMb	t1b	t2b	t3b	t4b	t1b x PMb	t2b x PMb	t3b x PMb	t4b x PMb
C	PMc	t1c	t2c	t3c	t4c	t1c x PMc	t2c x PMc	t3c x PMc	t4c x PMc
D	PMd	t1d	t2d	t3d	t4d	t1d x PMd	t2d x PMd	t3d x PMd	t4d x PMd
Demanda total por equipamento (D) =						D11	D21	D31	D41
Índice de rendimento operacional global (IROG) =						μ_{g1}	μ_{g2}	μ_{g3}	μ_{g4}
Capacidade nominal de equipamento (C) =						C1	C2	C3	C4
Capacidade real de equipamento (C) =						$C1 \times \mu_{g1}$	$C2 \times \mu_{g2}$	$C3 \times \mu_{g3}$	$C4 \times \mu_{g4}$
Diferença temporal em unidade de tempo ((C x IROG) - D) =						$(C1 \times \mu_{g1}) - D11$	$(C2 \times \mu_{g2}) - D21$	$(C3 \times \mu_{g3}) - D31$	$(C4 \times \mu_{g4}) - D41$

Figura 5: Análise da relação entre capacidade grosseira e a demanda de produção

Fonte: Antunes *et al.* (2008, p.168).

Sendo:

T1a = taxa de processamento (ou tempo de ciclo) no recurso 1 para fabricar o item A;

PMa = programação mensal do produto A;

T1a x PMa = demanda mensal do recurso 1 para fabricação do produto A;

D11 = demanda total do recurso 1 para o mês 1;

μ_{g1} = índice de rendimento operacional Global – IROG – do recurso 1;

C1 = capacidade nominal de produção do recurso 1;

$C1 \times \mu_{g1}$ = capacidade real de produção do recurso 1;

$(C1 \times \mu_{g1}) - D11$ = diferença em unidade de tempo entre a capacidade real de produção e a demanda prevista do recurso 1 para o mês 1.

Para Antunes *et al.* (2008) existem três situações possíveis no que se refere à alocação de demanda e ocupação dos recursos produtivos, são elas:

- **Recurso com capacidade:** situação em que a capacidade temporal do recurso produtivo é superior a demanda de produtos que nele precisam ser processados.

- **Recurso com capacidade restrita:** Antunes *et al.* (2008) sugerem que é possível identificar os CCRs como sendo os recursos cuja capacidade grosseira é igual ou muito próxima⁴ ao tempo de demanda de produtos.
- **Recurso sem capacidade:** recurso identificado como gargalo uma vez que sua capacidade é menor que a demanda.

2.3.4.3 Melhoria Contínua das Restrições nos Sistemas Produtivos

Num sistema produtivo em que a demanda for maior que a capacidade, a administração da eficiência do recurso restritivo é fundamental, visto que perdas na restrição não são mais recuperáveis pelo sistema (GOLDRATT e FOX, 1997).

A análise da planilha mostra que quando um recurso possuir demanda superior à capacidade real configura-se um recurso restritivo. Em casos onde a demanda é maior que a capacidade Antunes *et al.* (2008) propõem dois tipos genéricos de ações, a saber: (i) aumento do Tempo Total – TT; e, (ii) o aumento da Eficiência Global.

Segundo Antunes *et al.* (2008) o aumento de tempo total pode dar-se através de: (i) aquisição de novos equipamentos; (ii) aumento da mão-de-obra no gargalo; (iii) utilização de horas extras; e, (iv) adição de novos turnos de trabalho. Antunes *et al.* (2008) propõe ainda: (v) o uso de equipamentos e roteiros alternativos. Essa última proposição tem o efeito prático de redução de demanda no recurso restritivo, dividindo a produção dos itens que seriam processados no gargalo com outros recursos produtivos.

Já para o aumento de eficiência global são ações possíveis de acordo com Antunes *et al.*: (i) eliminar ou minimizar os períodos de tempo perdidos no gargalo, tendo em vista que uma hora perdida no gargalo é uma hora perdida em todo o sistema; (ii) redução nos tempos

⁴ O termo ‘próximo’ aqui colocado refere-se ao nível de imprecisão. Havendo maior demanda do que capacidade pode-se identificar esse recurso como um gargalo de produção ou como um CCRs. Cabe, portanto, analisar mais detalhadamente este recurso considerando que os dados podem conter um pequeno percentual de erro. Na medida em que houver um recurso que se identifique como gargalo principal esses recursos não serão, naturalmente, o principal foco de trabalho.

de *setup* no gargalo⁵; e, (iii) a melhoria da manutenção das máquinas gargalos considerando tanto as paradas planejadas quanto as não planejadas⁶.

Outra possibilidade de ação que aumenta a capacidade do sistema produtivo é a terceirização de uma parte do processo restritivo. Isso pode ocorrer dividindo os itens programados para a produção na restrição e levando-os para a produção feita por terceiros. É relevante considerar que terceirizar é uma decisão importante pois pode envolver uma atividade estratégica do negócio (HAYES *et al.*, 2008); e, também é necessário ter fornecedores parceiros que atendam às necessidades, em especial, às especificações de qualidade. A necessidade de desenvolvimento de parceiros implica numa decisão pautada numa necessidade real e de longo prazo de comprar capacidade a partir da percepção da existência de gargalos internos.

A redução na demanda em horas é outro cenário citado por Antunes *et al.* (2008) que pode modificar a relação capacidade e demanda. Os itens que seguem são ações possíveis, de acordo com Antunes *et al.* (2008), para reduzir a demanda nos recursos críticos:

- Redução do tempo de ciclo/processamento dos produtos através da adoção de técnicas ligadas a melhoria dos métodos e processos;
- Melhorias no sistema de alimentação das máquinas considerando que muitas vezes o tempo de alimentação das máquinas é uma parcela importante do tempo de ciclo/processamento;
- Divisão da operação gargalo em várias sub-operações menores, com objetivo de realizar as operações menores em outros recursos com capacidade excedente, de modo a aumentar a capacidade do gargalo. Por exemplo: uma operação de usinagem pode ser dividida em usinagem grosseira e em acabamento. A usinagem grosseira pode ser feita num equipamento mais

⁵ Aqui a redução do tempo de *setup* tem por objetivo o aumento de capacidade, e por isso, a técnica da TRF é proposta unicamente no gargalo. Caso o objetivo fosse flexibilizar o sistema de manufatura com lotes de produção menores, seria necessário um estudo mais amplo identificando além do gargalo quais outros recursos limitam o tamanho de lote em função do tempo de troca de ferramental.

⁶ Entende-se que há um ponto ótimo de equilíbrio de paradas planejadas que geram o menor tempo de paradas totais por manutenção (planejadas e não planejadas) num dado equipamento.

simples e que esteja ociosa enquanto o acabamento é feito no recurso principal;

- Melhoria no processo de fabricação das máquinas gargalos, como por exemplo: melhor utilização dos espaços disponíveis em fornos e estufas, aumento de “trilhas” paralelas em esteiras de pintura, etc.

Outra solução ainda possível é a de redução da quantidade de produtos demandados para o equipamento restritivo (ANTUNES *et al.*, 2008) como segue:

- Melhorar o controle de qualidade do sistema para que nenhuma peça defeituosa seja processada pelo gargalo e, ainda, que todas as peças processadas pelo gargalo cheguem até o cliente;
- Utilizar roteiros alternativos ao gargalo, mesmo que implique em utilizar duas máquinas para executar a mesma operação do recurso gargalo;
- Subcontratar/terceirizar uma parte da produção que anteriormente era feita pelo gargalo.

A possibilidade de divisão da demanda remete a considerar que o recurso identificado como restrição de fato não o era. Isso porque havia outros recursos possíveis de fazer o mesmo item dentro da organização. Ocorre que durante o processo de validação do Plano Mestre de Produção explodido por equipamentos na forma de um plano operacional gera demandas para equipamentos específicos. Porém, deve-se considerar no processo de identificação da capacidade se há ou não necessidade de readequar a programação, dividindo as demandas em diversos recursos similares. Então, seguindo este raciocínio, em fábricas cuja divisão física é por processo, a identificação da restrição será por agrupamento de máquinas, cuja soma das capacidades e a soma das demandas resulta ou não numa restrição do sistema. Neste caso os equipamentos devem ser flexíveis o suficiente para receber ao menos uma fração da demanda do recurso crítico, podendo ser a demanda de apenas um item, tornando o recurso que, numa primeira análise, seria crítico num recurso normal de produção. Há que ressaltar que em células de manufatura a análise não será por agrupamento de máquinas similares mas sim entre células, podendo a demanda de uma célula ser dividida com outra

célula. Isso é um tanto mais difícil de modelar porque células de manufatura tendem a ser menos flexíveis que equipamentos individualizados.

Antunes *et al.* (2008) explicitam que se devem priorizar as ações que demandem menor tempo de execução e recursos financeiros dado que, em alguns casos, as melhorias são de rápida execução, como por exemplo, eliminar períodos mortos no gargalo. Por outro lado, as melhorias que envolvem elevados recursos financeiros e tempo de execução devem ser pautadas por análise de viabilidade econômica como, por exemplo, a aquisição de novos equipamentos (ANTUNES *et al.*, 2008, p. 173).

2.3.5 Comparação entre os Modelos de Análise CXD

A principal diferença entre os modelos está baseada na acuracidade dos valores de capacidade obtidos utilizando os diferentes modelos. O uso da eficiência global no modelo proposto por Antunes *et al.* (2008) é crucial para obter melhores resultados quando se compara os modelos teóricos e os modelos reais do dia-a-dia de uma unidade fabril.

O uso de um exemplo hipotético utilizando os diferentes modelos permitirá melhor percepção quanto à diferença de acuracidade nos resultados obtidos em cada metodologia.

2.3.5.1 Exemplo Hipotético Comparando as Metodologias MRP, CXD e P&Q, quanto a Análise de Capacidade e Identificação da Restrição

O exemplo hipotético que será usado nessa pesquisa considera uma célula de manufatura de produção intermitente, usinagem de peças, com cinco recursos seqüenciados. O processo inicia no Recurso R1 e conclui no Recurso R5, com o produto pronto - Figura 6.

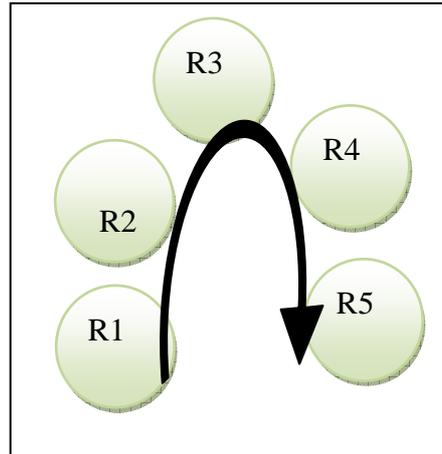


Figura 6: Modelo esquemático da célula de manufatura

O Quadro 7 apresenta os dados de produção horária para cada recurso de produção para os itens A e B.

Produto	R 1	R 2	R 3	R 4	R 5
A	25	25	28	32	27
B	14	21	17	16	12

Quadro 7: Produção horária por recurso nos itens A e B

O Quadro 8 apresenta as eficiências globais de cada recurso.

Recurso:	R 1	R 2	R 3	R 4	R 5
Eficiência Global:	65%	72%	85%	77%	85%

Quadro 8: Eficiência Global (OEE) de cada recurso produtivo

Considerando a demanda mensal dos itens A e B, de 1000 e 1500 unidades, respectivamente e, considerando que a unidade fabril trabalha 8 horas por dia, 20 dias por mês. A margem de contribuição unitária do item A é de \$10,00, enquanto que a margem de contribuição unitária do item B é de \$20,00. Deseja-se identificar qual a capacidade de cada recurso; o gargalo de produção; e, a capacidade do sistema.

A solução utilizada pelo módulo RCCP do MRP está apresentada no Quadro 9. A demanda é dada pelo produto da produção horária pela demanda, enquanto a capacidade será dada pela soma de tempo disponível no mês. Verifica-se que por esse método o recurso de menor capacidade é o recurso R5, cuja demanda ultrapassa a capacidade em, aproximadamente, 10 horas. Nesse caso o Recurso R5 é definido como o gargalo de produção.

Recurso:	Demanda mensal:			Capacidade Mensal:	Diferença entre CXD
	Produto A	Produto B	Total		
R1	40,0 hr	107,1 hr	147,1 hr	160 hr	+ 12,9 hr
R2	40,0 hr	71,4 hr	111,4 hr	160 hr	+ 48,6 hr
R3	35,7 hr	88,2 hr	123,9 hr	160 hr	+ 36,1 hr
R4	31,3 hr	93,8 hr	125,1 hr	160 hr	+ 34,9 hr
R5	37,0 hr	125,0 hr	162,0 hr	160 hr	- 2,0 hr

Quadro 9: Solução obtida através do Método MRP módulo RCCP.

Já a solução obtida pela ferramenta de Capacidade e Demanda proposto por Antunes *et al.* (2008) está descrito no Quadro 10. Percebe-se que muda o valor de capacidade mensal uma vez que é considerada a eficiência do equipamento, possibilitando assim conhecer a capacidade real da fábrica. Nesse caso a capacidade é dada pelo produto do tempo total disponível para produção pela eficiência global do equipamento.

Recurso:	Demanda mensal:			Capacidade Mensal:	Eficiência Global do Recurso	Capacidade Real:	Diferença efetiva entre CXD
	Produto A	Produto B	Total				
R1	40,0 hr	107,1 hr	147,1 hr	160 hr	65%	104,0 hr	- 43,1 hr
R2	40,0 hr	71,4 hr	111,4 hr	160 hr	72%	115,2 hr	+ 3,8 hr
R3	35,7 hr	88,2 hr	123,9 hr	160 hr	85%	136,0 hr	+ 12,1 hr
R4	31,3 hr	93,8 hr	125,1 hr	160 hr	77%	123,2 hr	- 1,8 hr
R5	37,0 hr	125,0 hr	162,0 hr	160 hr	85%	136 hr	- 26,0 hr

Quadro 10: Solução obtida através da Ferramenta CXD proposta por Antunes *et al.* (2008)

O cálculo que utiliza o IROG do equipamento mostra uma situação completamente diferente da primeira análise. Identifica-se como restrição interna real o Recurso R1, como sendo o recurso que restringe a produção do sistema, e pode ser identificado como gargalo

principal. Os recursos R5 e R4 também possuem capacidade menor que a demanda e podem se caracterizar CCRs se a perda de capacidade for de cunho conjuntural.

Com a solução obtida a partir da Metodologia de Análise de Capacidade e Demanda proposto por Antunes *et al.* (2008), com uso da eficiência global no cálculo de capacidade de produção, fica evidente que a capacidade real do sistema é menor que o cálculo puramente teórico utilizado pelo MRP. A acuracidade do modelo proposto com o uso da eficiência global é maior permitindo maior confiança para extrapolar o modelo em análises de diferentes cenários de decisões da produção e demandas possíveis.

Seguindo o comparativo entre os métodos percebe-se que fundamentalmente a identificação da restrição no modelo P e Q segue, conforme bibliografia apresentada, o mesmo princípio apresentado pelo MRP e, portanto, não utiliza a eficiência no cálculo da capacidade fabril. No entanto, o modelo P e Q segue além da identificação da restrição, propondo a definição de *mix* de produção conforme a taxa de ganho do gargalo.

Para melhor entendimento do impacto dessa decisão sobre o resultado do negócio consideremos duas situações: i) sendo o recurso restritivo definido conforme os conceitos do modelo MRP e P e Q; e, ii) considerando o recurso restritivo identificado conforme a Ferramenta CXD proposta por Antunes *et al.* (2008). Em ambas as situações as decisões tomadas para o gargalo devem ser mandatórias para os demais recursos de produção.

Situação 1:

Considerando primeiramente o modelo MRP e P e Q tem-se o Recurso R5 como sendo a restrição do sistema. Seguindo a análise na qual o melhor *mix* não é dado unicamente pelo maior margem de contribuição unitária, e, sim, pela taxa de lucro do gargalo de cada item, tem-se o cálculo da Taxa de Lucro do Gargalo, para os itens A e B.

Taxa de lucro do item = produção horária no gargalo x preço

$$\text{- Tx. de lucro de A} = 27 \times \$10,00 = \$270,00/\text{hora}$$

$$\text{- Tx. de lucro de B} = 12 \times \$20,00 = \$240,00/\text{hora}$$

Pelos valores anteriormente calculados é desejável produzir prioritariamente o item A na restrição, complementando a capacidade do recurso R5 com parte da demanda do item B. A fração da demanda de B atendida é igual à capacidade total do recurso restritivo (R5) descontado a quantidade de horas demandadas pelo item A.

$$\text{- Demanda atendida de B} = 160 \text{ hr} - 37,0 \text{ hr} = 123,0 \text{ hr}$$

Considerando o tempo de processamento do item B na restrição, tem-se a produção aproximada de 1.476 peças do item B. E, ainda, toda a demanda de A que é de 1.000 peças. Com isso a análise mostra que é possível atender a praticamente toda a demanda do período. O ganho de margem de contribuição do negócio será de:

$$\text{- Ganho} = 1.476 \times \$20,00 + 1.000 \times \$10,00 = \$39.520,00$$

O ganho de \$39.520,00, dessa primeira análise, não será o ganho real visto que as capacidades utilizadas, e, mesmo a restrição considerada não são corretas sob o ponto de vista prático, uma vez que não consideram a eficiência operacional do recurso de produção.

Situação 2:

Seguindo os mesmos passos anteriores, porém levando em consideração os dados de capacidade e restrição identificados pela Ferramenta CXD tem-se os seguintes resultados:

- Restrição do sistema: Recurso R1
- Taxa de lucro de A: $25 \times \$10,00 = \$250,00$
- Taxa de lucro de B: $14 \times \$20,00 = \$280,00$

Nesse caso, a produção do item B passa a ser prioritário já que apresenta maior taxa de lucro no gargalo. A demanda em horas do item B no Recurso restritivo R1 de 107,1 horas, no entanto, o recurso dispõe de capacidade apenas 104 horas. Então, considerando a prioridade de produção de B teríamos a produção 1456 peças do item B e, nenhuma peça do item A.

O ganho de margem de contribuição real do negócio, considerando a Ferramenta CXD, é de:

$$\text{- Ganho real} = 1.456 \times \$20,00 = \$29.120,00$$

O ganho real do sistema produtivo para o *mix* ideal real será de \$29.120,00. Ressalta-se que o *mix* de produção, considerando a restrição e capacidades reais, muda significativamente.

Para efeitos de comparação, sabendo que a restrição real é o Recurso R1, mas que a empresa já havia tomado a decisão de *mix* de acordo com o apresentado na Situação 1, qual seria então o resultado financeiro?

Descrição da situação.

- Restrição real do sistema: Recurso R1;
- *Mix* de produção definido na primeira parte do exercício: 1.000 peças de A, e, o restante de capacidade do recurso para produção do item B.

Atualizando o *mix* real de produção, considerando a restrição (R1) e priorizando a produção do item A, tem-se:

- Demanda atendida de A = 1000 peças ou 40,0 horas
- Demanda atendida de B = 104 hr – 40,0 hr = 64 hr ou 896 unidades de B.

O *mix* de produção, priorizando a produção do item A e a restrição real (R1) será de 1.000 peças de A e 896 peças de B. O ganho de margem de contribuição negócio considerando o erro inicial na definição do *mix* de fabricação, seria de apenas \$27.920,00, conforme mostra o cálculo a seguir:

$$\text{- Ganho} = 1.000 \times \$10,00 + 896 \times \$20,00 = \$27.920,00$$

No exemplo fictício apresentado mostra-se, portanto, o possível impacto financeiro sobre o negócio provocado pela identificação incorreta da capacidade de produção e do recurso restritivo. Comparativamente verifica-se que a definição errônea da restrição em R5 causaria em efeito cascata uma perda real de ganho financeiro, além de inesperada. Nesse

sentido, observa-se que a tomada de decisão com modelos não representativos da realidade é um problema concreto a ser equacionado pelas organizações.

2.3.5.2 Principais Diferenças entre os Modelos Gerais MRP, TOC e CXD, referentes às Decisões de Capacidade de Produção

Os modelos estudados do referencial teórico caracterizam-se pelo seu uso comum nas indústrias que possuem módulos ou características de análise de capacidade fabril. A comparação entre as diferentes metodologias, no âmbito conceitual, é relevante na medida em que apresentam diferenças que impactam no processo de decisão de uma organização.

Ressalta-se que uma diferença importante entre a Ferramenta Capacidade x Demanda, e as metodologias tradicionalmente utilizadas está associada ao uso da Eficiência Global dos Recursos de Produção. Após revisão bibliográfica sobre o tema não foi identificada a utilização da eficiência global no dimensionamento de capacidade de produção nos modelos MRP e TOC. Por esse motivo a Ferramenta CXD tende a cumprir papel relevante na medida em que preenche uma lacuna importante da literatura clássica de determinação de capacidade.

Depois de realizada a revisão bibliográfica e proposta a análise de exemplos hipotéticos, identifica-se as principais diferenças entre os modelos tradicionais de análise de capacidade e demanda. O Quadro 11 apresenta resumidamente algumas decisões de produção, quanto à contribuição de cada metodologia e ferramenta discutida no referencial teórico.

Decisões	MRP (CRP)	TOC (P&Q)	Ferramenta CXD
Dimensiona a capacidade e informa a quantidade de tempo e recursos necessários para atender a demanda.	Sim	Sim	Sim
Dimensiona capacidade considerando Eficiência Global	Não	Não	Sim
Identificam quais são as melhorias possíveis para ampliação da capacidade	Não	Sim	Sim
Prioriza investimentos	Não	Sim	Sim
Simula cenários futuros de investimento vs. ganhos	Não	Sim	Sim
Define <i>mix</i> considerando resultado econômico do negócio	Não	Sim	Não
Dimensiona o número de mão-de-obra necessária	Não	Não	Não
Gera Plano Mestre de Produção	Sim	Sim	Sim

Quadro 11: Comparativo entre o MRP, TOC e CXD, referente as decisões de capacidade

Fonte: o autor

2.3.6 Análise Crítica da Ferramenta CXD Proposto por Antunes *et al.* (2008)

A seguir são apresentadas algumas análises críticas identificadas na Ferramenta CXD, a partir da percepção do autor, no intuito de enriquecer e evoluir no processo decisório de capacidade fabril. As principais considerações são: i) necessidade de acuracidade nos dados de eficiência operacional global; ii) dificuldades na identificação de recursos de capacidade restrita (CCRs); iii) dificuldade de identificação dos gargalos em células de manufatura sincronizadas; iv) a ferramenta não sequencia a produção; v) na sua forma original não define o *mix* de maior ganho financeiro; e, vi) não dimensiona diretamente o número de pessoas necessárias para atender a demanda. A seguir é discutido cada um dos temas acima descritos.

Para qualquer método utilizado para dimensionamento de capacidade os dados de entrada são fundamentais para atender ao requisito básico de acuracidade nos resultados obtidos após estudos de dimensionamento. É o caso da previsão de vendas. Quando se utiliza previsões de venda nos modelos de análise de capacidade e demanda o resultado obtido refletirá o cenário proposto. Ou seja, a fidelidade dos modelos gerados com a realidade da fábrica vai depender se o programa efetivo de produção refletir a previsão de vendas.

No caso da Ferramenta CXD a inclusão de um novo parâmetro insere, também, um novo fator de erro no dimensionamento. Um erro possível que pode estar inserido no valor de eficiência operacional global, refere-se à variação de *mix* de produção. É razoável entender que variações significativas de *mix* possam afetar, para maior ou para menor, a eficiência global dos recursos de produção. Entendendo que a eficiência global utilizada na Ferramenta CXD será, em geral (exceto quando busca-se eficiência meta), o valor de eficiência média de um período transcorrido no passado, ou seja, não necessariamente representará fielmente a eficiência futura. Entende-se, então, que a Ferramenta CXD, mediante as inúmeras variáveis, é um método no qual sempre haverá uma margem de erro quando comparada a situação real da fábrica. É verdade, no entanto, que em menor proporção do que outras ferramentas de análise de capacidade.

Outro fator relevante está relacionado com a identificação dos CCRs. Segundo Antunes *et al.* (2008) os recursos restritivos são passíveis de serem identificados pela Ferramenta CXD através da obtenção de valores de Capacidade e Demanda aproximadamente iguais em um dado recurso. A percepção de Antunes *et al.* (2008) quanto à identificação dos

CCRs é coerente visto que para recursos cuja demanda é muito próxima da capacidade e, sujeitas as variabilidades do sistema produtivo, deduz-se que num determinado momento aquele recurso, se gerenciado de forma ineficaz, poderá restringir todo o sistema por um dado período de tempo. No entanto, pelas características situacionais dos CCRs a Ferramenta CXD apresentada por Antunes *et al.* (2008) é capaz apenas de fornecer ‘pistas’ de quais são os recursos de capacidade restrita, visto sua característica de análise estática, conforme verifica-se a seguir.

Primeiramente é importante destacar que mesmo recursos com capacidades muito maiores que a demanda podem se transformar em CCRs pela conjuntura de fatores mais graves que podem onerar significativamente a capacidade num dado tempo, como por exemplo, uma quebra de máquina única (sem reserva) por um período razoavelmente longo. Outro fator que dificulta a identificação de CCRs, em fábricas minimamente sincronizadas, refere-se ao fato de que a eficiência pode ser menor devido à falta de gerência específica do recurso. Por não ser normalmente considerado um recurso crítico, o recurso com capacidade similar a demanda, tende a ter uma eficiência igual à necessidade para atender a demanda corrente.

Para deixar mais claro a seguinte situação é proposta: numa empresa com produção estável sem aumentos bruscos de demanda em um dado período médio de tempo, é passível de se supor que nenhuma melhoria tenha sido realizada nos recursos não restritivos, e, por isso, sua eficiência estabiliza-se num patamar equivalente para atender uma quantidade de peças igual à quantidade de peças produzidas pelo gargalo. Isso não quer dizer que este recurso não tenha capacidade de atender a um aumento de demanda, mas sim que a eficiência global do equipamento está condicionada pela falta de peças para produzir além daquilo que lhe é demandada. Nesses casos a tendência é de que numa nova análise CXD sem que haja mudanças significativas na demanda a capacidade do recurso tende a ser próxima a demanda.

A mesma distorção, nas eficiências globais dos recursos, pode ocorrer em células de manufatura cujos recursos possuem produção sincronizada. A quantidade produzida num dado período, dos recursos não gargalos de uma célula, estarão limitadas pela produção do gargalo e o tempo de programação estará condicionado pelo método de trabalho celular a ser igual para todos os recursos. Essa combinação resultará em eficiências médias (referentes ao

histórico passado) que equilibram as capacidades no momento da análise CXD e dificultam em muito a identificação do gargalo e dos CCRs.

Outro ponto a considerar, mesmo em fábricas não celularizadas, a identificação do gargalo passa por analisar o contexto do recurso, tendo em vista que o conceito de gargalo remete a problemas de cunho estrutural. No mundo real a análise da capacidade versus demanda ressalta equipamentos cuja demanda é menor que a capacidade. No entanto, a análise deve prosseguir e verificar outros parâmetros para definir se é um recurso gargalo ou não, principalmente nas análises de médio prazo. São exemplos que podem afetar a identificação do gargalo: se o período analisado é coerente para determinação de gargalo de produção; se o equipamento crítico apresentou queda de eficiência por conjunturas momentâneas; se o tempo total disponível está coerente com um recurso crítico; se a alocação de pessoas está correta ou se é facilmente modificável de modo a ganhar em produtividade; entre outras análises necessárias antes da identificação do gargalo.

A Ferramenta CXD não é uma ferramenta de programação. Ela, de algum modo, auxilia no planejamento da produção através de análises das capacidades dos recursos, de apontamento da necessidade de uso de roteiros alternativos aliviando a carga sobre recursos restritivos, ou, de alterações nos períodos de trabalho necessários, gerando ações para atender ao PMP, etc. No entanto, a Ferramenta CXD não faz o seqüenciamento da produção, e, por esse motivo precisa atuar em conjunto com um sistema de programação. Caso a Ferramenta CXD fosse utilizada em conjunto com o MRP, a melhor forma de enquadrar a análise CXD na estrutura do MRP, apresentada na Figura 2, seria de incluir a Ferramenta CXD em substituição aos módulos de capacidade RCCP e CRP. Neste sentido a Ferramenta CXD faria parte do planejamento intermediário da produção, antes e após a formação do Plano Mestre de Produção, porém, fornecendo informações para validar e alterar o programa de acordo com a restrição do sistema.

A Ferramenta CXD não consegue identificar, na sua forma original, o melhor *mix* de produção em função do ganho financeiro. Considerando a Teoria das Restrições, o melhor *mix* de produção será aquele que trouxer maior ganho à empresa, considerando a taxa de ganho por minuto no gargalo. A CXD é uma ferramenta que possibilita o aumento da capacidade em horas, e, que pode avaliar o *mix* de produção e gerar alterações de programação do gargalo

com objetivo de maximizar a produtividade do sistema. No entanto, carece englobar na análise CXD uma dimensão financeira de taxa de ganho no gargalo de cada item.

Na lógica CXD o *mix* de produção da restrição é modificável na medida em que encontra alternativas para atender uma quantidade maior da demanda. Portanto, a Ferramenta CXD e a metodologia apresentada no exemplo P & Q, com conceitos da TOC, podem ser utilizadas de forma complementar. Entra em questão o momento em que é definido o *mix* de produção, se for definido antes da análise CXD – através do PMP no modelo MRP. A análise CXD deve buscar atender a maior quantidade possível da demanda e, dessa forma, aumentar o ganho da empresa (considerando que o *mix* tenha margem de contribuição positiva). No entanto, em casos de empresas que previamente sabe que não são capazes de atender a toda a demanda de mercado, ou possuem linhas de desmontagens (como por exemplos indústrias de abate de aves ou indústrias petrolíferas) que podem definir *mix* de produção com certo grau de flexibilidade, utilizar os conceitos P e Q após a identificação da restrição são interessantes no intuito de rever o *mix* desejável. São então dois prismas, como melhorar a capacidade, e, como aumentar o ganho através da gestão do *mix* de produção possível de ser atendido. O ganho por minuto do gargalo, e, definição de *mix* sob esses critérios, podem ser inseridos na Ferramenta CXD com certa facilidade desde que existam dados suficientes e acurados para análise do ganho por item demandado para a restrição.

Outra crítica a Ferramenta CXD é que esta não apresenta uma dimensão importante que afeta a capacidade fabril: as pessoas. A quantidade de funcionários de uma fábrica precisa ser dimensionada cientificamente da mesma forma que outros recursos de produção. Fábricas que operam com um número excedente de mão-de-obra direta, quando comparado a necessidade gerada pela demanda de mercado, são oneradas com custo de produção maior que o necessário. Por outro lado, fábricas que reduzirem excessivamente o número de funcionários de produção poderão gerar restrições internas de capacidade dificultando o atendimento à demanda e potencializando perdas de receita por atrasos de atendimento. A Ferramenta CXD deixa uma lacuna no dimensionamento do número de pessoas gerando necessidade de controles paralelos pelas empresas que utilizam essa ferramenta de dimensionamento de capacidade instalada e pessoas. Nessa situação o ponto a ser considerado é a necessidade de modelar na Ferramenta CXD como as pessoas interferem na oferta de capacidade de produção. Tal estudo, no entanto, foge ao escopo deste trabalho.

2.3.7 CXD e Análise de Investimentos

Para Hayes *et al.* (2008), o gerenciamento do processo de planejamento de investimentos envolve três fases: (1) organizacional: refere-se à definição das pessoas que devem participar da avaliação dos planos e projetos; (2) definição do problema: envolve o esclarecimento do objetivo do projeto, dos pressupostos e alternativas a serem exploradas; (3) procedimentos de avaliação: aqui a equipe deve avaliar as alternativas possibilitando a recomendação da melhor alternativa à gerência.

O processo de planejamento de investimentos proposto por Hayes *et al.* (2008) segue 9 passos lógicos: (1) avaliar a produção existente – o objetivo dessa etapa é medir a eficiência de uma unidade ou sistema operacional, e, seus impactos noutras partes do negócio. Importante que as empresas considerem a capacidade real da unidade e identifiquem os fatores que afetam essa capacidade, de modo a seguir em direção a soluções mais criativas (HAYES *et al.*, 2008); (2) prever a capacidade e as necessidades competitivas – essa etapa requer o desenvolvimento de previsões sobre as necessidades futuras de tecnologia, produto/mercado e área geográfica, de um determinado período considerado - deve-se incluir fatores internos e externos; (3) definir alternativas para atender às necessidades – nessa etapa busca-se uma revisão abrangente de alternativas evitando pensamentos simplistas de aumento de máquinas, turnos e espaços no chão de fábrica; (4) realizar análises financeiras de cada alternativa – a primeira questão a ser analisada ao comparar alternativas está em utilizar o mesmo conjunto de pressupostos para cada proposta. Visto que o objetivo é o de avaliar as diferentes alternativas entre elas, o melhor é iniciar pelo valor financeiro necessário para obter o uso mais eficaz dos recursos atuais, esse será o caso base. A partir desse ponto as outras propostas serão comparadas a partir dessa proposta inicial que é, essencialmente, uma melhoria da produção, em contraponto, a outros investimentos que caracterizam uma expansão da produção; (5) avaliar questões-chave qualitativas para cada alternativa – outros fatores influenciam no momento de definir a melhor alternativa de investimento, e, muitas vezes não é possível quantificar, em termos financeiros, todos os critérios utilizados (por exemplo: a facilidade de implementação e operação; considerações de curtos versus longo prazo; ajuste do ambiente competitivo da empresa e a estratégia de negócio); (6) selecionar e defender a alternativa a ser seguida – nesse ponto o gerenciamento do projeto requer

acompanhamento e aprovação de capital; (7) implementar a alternativa escolhida – uma vez aprovada segue a implementação da proposta. Nessa fase, deve-se monitorar a implantação através de medidas de desempenho; e, identificar as ações e recursos de maior impacto geral do projeto, certificando o fornecimento rápido e eficiente desses recursos; (8) avaliar os resultados reais; (9) gerenciamento do plano de investimentos tendo como objetivo avaliar o aprendizado gerado pelo processo de definição do investimento.

No quesito de investimentos, para tratar as restrições e elevar os resultados da empresa, Antunes *et al.* (2008) esclarecem que, inicialmente, investimentos em gargalos são naturais vistos que são restrições estruturais. No entanto, avaliando as restrições do tipo CCRs os autores alertam que seria um equívoco investir em equipamentos para equacionar este tipo de restrição. A idéia básica no caso dos CCRs é de gerir melhor os recursos já existentes.

2.3.7.1 Formação de Cenários

O uso da Metodologia de Análise Capacidade e Demanda pode ser estendida para avaliar diferentes estratégias de atendimento futuro de demanda a partir de cenários futuros das condições do sistema produtivo e das melhorias necessárias para se chegar aos cenários projetados.

A análise capacidade e demanda faz uso de uma série de parâmetros, como por exemplo, dias trabalhados por mês, número de equipamentos ativos, etc., esse conjunto de parâmetros Antunes (1998) denomina de ‘conceito’ de Fábrica. Cada parâmetro é resultado de uma decisão da empresa, de uma estratégia ou políticas, que afetam direta ou indiretamente a capacidade do sistema produtivo.

A partir deste contexto, a simulação de diferentes cenários permite fazer a análise de investimento das mudanças necessárias, Antunes (1998) explora o tema a partir da discussão da utilização de um *software* de Programação Linear que procura determinar o *mix* de produção que aumenta o resultado econômico da empresa, denominado PROFMIX⁷. O uso do PROFMIX se assemelha à Metodologia de Análise de Capacidade e Demanda na medida

⁷ PROFMIX foi proposto originalmente por Rodrigues (1994).

em que permite operacionalizar os passos da TOC de identificação e definição de como explorar a restrição do sistema; otimizar ganhos a partir da melhor utilização da restrição; e, elevar a restrição do sistema. Visto à semelhança das proposições considera-se relevante estudar a análise de investimento nos Sistemas Produtivos apresentado por Antunes (1998).

Antunes (1998) divide a análise de um conjunto de simulações a partir de duas situações gerais: se o gargalo é interno, ou, se a restrição está no mercado. Restrições internas instigam necessariamente investimentos no gargalo, e, quando houver desejo de ampliar mercado e havendo oportunidades no mercado, pode propor investimentos em temas como: desenvolvimento de novos produtos, ações em *Marketing* e Propaganda (ANTUNES, 1998).

Em caso de restrição externa à empresa é necessários investimentos em propaganda e *marketing*, e, dependendo o caso, também em novos produtos (ANTUNES, 1998).

A seqüência a seguir estabelece um procedimento genérico para Análise de Investimentos relativamente às mudanças no Sistema Produtivo conforme proposição de Antunes (1998).

- Analisar as restrições do Sistema Produtivo e o Lucro Líquido por ele gerado;
- Propor um conjunto de cenários alternativos possíveis considerados as estimativas de investimentos necessários para cada um dos cenários possíveis;
- Calcular⁸ as receitas adicionais e o Lucro líquido gerado pelo novo cenário;
- Calcular Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Valor Presente Líquido (VPL) para avaliar os diversos cenários propostos e decidir em função das informações disponíveis.

A simulação permite, portanto, analisar criticamente planos diferentes de melhorias e quais as conseqüências destas melhorias no resultado econômico da empresa, predizendo resultados antes de alterações físicas da fábrica (ANTUNES, 1998).

⁸ Antunes (1998) sugere o uso do PROFMIX para cálculo das receitas adicionais. No entanto, outro sistema pode ser utilizado para cálculo de ganhos desde que se conheça a taxa de ganho em peças no cenário proposto e a margem de contribuição ou lucro líquido dos itens que irão gerar receita adicional ao sistema.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para Dul e Hak (2008), em uma obra que trata da questão de metodologia em negócios, diz que a pesquisa é classificada de acordo com o objetivo da pesquisa em: pesquisa prática orientada e pesquisa teórica orientada.

A pesquisa prática orientada é utilizada quando se deseja avaliar o sucesso de uma intervenção em termos da mudança observada numa organização específica. Os benefícios concretos da organização cuja intervenção foi testada independem se este sucesso é teoricamente explicado ou não. Neste contexto, a pesquisa orientada para a prática é a sistemática, metodologicamente correta, de avaliação de fatos observáveis na organização em que está sendo provado que o "sucesso" ocorreu como resultado de uma intervenção. O critério para o sucesso da prática de pesquisa orientada, portanto, refere-se a verificar se a conclusão está empiricamente correta sobre um objeto prático de estudo atingido, ou seja, a conclusão de que um resultado específico foi atingido (DUL E HAK, 2008).

Já a pesquisa teórica orientada, mesmo centrada na mesma intervenção e na mesma organização, teria outro objetivo e, portanto, outro critério para o sucesso. Seu objetivo não seria o de concluir qualquer coisa sobre a prática (intervenção), mas sim, concluir sobre uma definição ou proposição teórica. A constatação empírica de que a intervenção traz benefícios à organização, neste contexto, não seriam avaliados como informativos sobre o que fazer na mesma organização, mas, como uma contribuição para a robustez e a capacidade de generalização de uma teoria específica (DUL E HAK, 2008).

Dul e Hak (2008) mostram ainda que, se a teoria em análise é comprovada corretamente, em uma série de testes independentes, poderia eventualmente ter um valor prático, como por exemplo, prever em que organizações o modelo de intervenção teria ou não sucesso. Neste sentido o sucesso da teoria específica, um projeto de pesquisa orientada, não seria avaliado em termos de sua contribuição para a organização em particular e sim sua contribuição para a teoria.

Para Gil (2002) pesquisa é um procedimento racional e sistemático, que tem como objetivo proporcionar respostas a problemas propostos. A pesquisa é necessária quando não se tem informações suficientes ou não estão suficientemente ordenadas de modo que se possa chegar à solução do problema (GIL, 2002). Ainda, segundo o mesmo autor, o projeto de pesquisa representa o roteiro de ações a serem desenvolvidas pelo pesquisador, e, descrevê-lo irá auxiliar na condução global do projeto.

Neste capítulo serão revistos os procedimentos metodológicos que foram utilizados nessa pesquisa. Isto inclui: i) abordagem do método de pesquisa adotado; ii) a apresentação do método de trabalho, ou seja, os passos lógicos utilizados para a condução da pesquisa.

3.1 MÉTODO DE PESQUISA

3.1.1 Considerações Iniciais

Gil (2002) classifica a pesquisa em função do seu objetivo em grupos. São eles: pesquisa exploratória, descritiva e explicativa. A pesquisa exploratória tem por objetivo obter maior familiaridade com o problema, tornando-o mais explícito ou formulando hipóteses para solucioná-los (ou equacioná-los), buscando o aprimoramento de idéias e intuições. As pesquisas explicativas buscam identificar os fatores que contribuem para a ocorrência dos fenômenos, normalmente se aprofunda no conhecimento da realidade porque explica a razão, o porquê das coisas (GIL, 2002). Já a pesquisa descritiva tem como principal característica descrever as particularidades de uma população ou fenômeno, ou, ainda, busca estabelecer relações entre as variáveis envolvidas (GIL, 2002).

Para Yin (2005) a definição da estratégia de pesquisa a ser utilizada depende basicamente de 3 condições: i) tipo de questão de pesquisa proposta; ii) extensão de controle que o pesquisador tem sobre os eventos comportamentais atuais; e, iii) grau de enfoque em

acontecimentos contemporâneos em oposição a acontecimentos históricos. A Figura 7 explicita as diferentes estratégias de pesquisa.

Estratégia	Forma de questão de pesquisa	Exige controle sobre eventos comportamentais	Focaliza acontecimentos contemporâneos
Experimento	Como, porque	Sim	Sim
Levantamento	Quem, o que, onde, quantos, quanto	Não	Sim
Análise de arquivos	Quem, o que, onde, quantos, quanto	Não	Sim/Não
Pesquisa Histórica	Como, por que	Não	Não
Estudo de caso	Como, por que	Não	Sim

Figura 7: Estratégias de pesquisa.
Fonte: Yin (2005, p.24)

A partir desse ponto detalha-se especificamente o método de estudo de caso, uma vez que esse trabalho é uma pesquisa descritiva, que parte de uma questão do tipo ‘como’, tratando de eventos contemporâneos e não exigindo controle sobre os eventos comportamentais.

3.1.2 Método de Estudo de Caso

Estudo de Caso consiste no estudo aprofundado e exaustivo de um ou poucos objetos de modo que seja possível obter um amplo e detalhado conhecimento do objeto (GIL, 2002). Para Gil (2002) o Estudo de Caso não tem por propósito o detalhado conhecimento de uma população e, sim, proporcionar uma visão ampla do problema, ou ainda, identificar possíveis fatores que influenciam ou são por ele influenciados. Dul e Hak (2008) descrevem os diferentes tipos de Estudo de Caso:

“Um Estudo de Caso pode ser de um único caso (Estudo de Caso único) ou vários casos (Estudo de Casos múltiplos), do contexto da vida real, são selecionados e levantados dados, que serão analisados qualitativamente (DUL e HAK, 2008, p. 4)”

Conforme Yin (2005), os Estudos de Caso podem ser classificados segundo: seu conteúdo e objetivo final (exploratórios, explanatórios, ou descritivos) ou a quantidade de casos (caso único – holístico ou incorporado – ou casos múltiplos – também categorizados em holísticos ou incorporados).

O Estudo de Caso é a abordagem escolhida ao se examinarem acontecimentos contemporâneos, quando não se podem manipular comportamentos relevantes. O poder diferenciador do Estudo de Caso está relacionado com sua capacidade de lidar com uma ampla variedade de evidências – documentos, artefatos, entrevistas e observações – além do que pode estar disponível no estudo histórico convencional (YIN, 2005).

O Estudo de Caso deve estar pautado na confiabilidade e validade, que são critérios para julgar a qualidade da pesquisa. A confiabilidade visa mostrar que as operações de um estudo (como por exemplo, os procedimentos para coleta dos dados) podem ser repetidas apresentando os mesmos resultados (YIN, 2005).

3.1.3 Justificativa para o Uso de Estudo de Caso na Pesquisa

Essa pesquisa é de caráter descritivo na medida em que tem por objetivo descrever as características de determinado fenômeno. Essa pesquisa se caracteriza como um Estudo de Caso uma vez que trata de tema contemporâneo, dentro de um contexto real, com objetivo de conhecer mais detalhadamente um determinado problema. Também, o problema principal de pesquisa, questiona “como” um determinado artefato pode ser utilizado e não exige controle sobre eventos comportamentais.

3.1.4 Os Meios Utilizados na Pesquisa

Yin (2005) descreve 6 fontes de evidências utilizadas em estudos de caso, a saber:

<i>Fonte de evidências</i>	<i>Pontos fortes</i>	<i>Pontos fracos</i>
Documentação	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estável – pode ser revisada inúmeras vezes ▪ Discreta – não foi criada como resultado do estudo de caso ▪ Exata – contém nomes, referências e detalhes exatos de um evento ▪ Ampla cobertura – longo espaço de tempo, muitos eventos e muitos ambientes distintos 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Capacidade de recuperação – pode ser baixa ▪ Seletividade tendenciosa – se a coleta não estiver completa ▪ Relato de vieses – reflete as idéias preconcebidas (desconhecidas) do autor ▪ Acesso – pode ser deliberadamente negado
Registros em arquivos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>[Os mesmos mencionados para documentação]</i> ▪ Precisos e quantitativos 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>[Os mesmos mencionados para documentação]</i> ▪ Acessibilidade aos locais devido a razões particulares
Entrevistas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Direcionadas – enfocam diretamente o tópico do estudo de caso ▪ Perceptivas – fornecem inferências causais percebidas 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vieses devido a questões mal-elaboradas ▪ Respostas viesadas ▪ Ocorrem imprecisões devido à memória fraca do entrevistado ▪ Reflexibilidade – o entrevistado dá ao entrevistador o que quer ouvir
Observações diretas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Realidade – tratam de acontecimentos em tempo real ▪ Contextuais – tratam do contexto do evento 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Consomem muito tempo ▪ Seletividade – salvo ampla cobertura ▪ Reflexibilidade – o acontecimento pode ocorrer de forma diferenciada porque está sendo observado ▪ Custo – horas necessárias pelos observadores humanos
Observação participante	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>[Os mesmos mencionados para observação direta]</i> ▪ Perceptiva em relação a comportamentos e razões interpessoais 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>[Os mesmos mencionados para observação direta]</i> ▪ Vieses devido à manipulação dos eventos por parte do pesquisador
Artefatos físicos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Capacidade de percepção em relação a aspectos culturais ▪ Capacidade de percepção em relação a operações técnicas 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Seletividade ▪ Disponibilidade

Figura 8: Fontes de evidências de estudo de caso.
Fonte: Yin (2005, p. 113)

Para auxiliar no estabelecimento do constructo e na confiabilidade do Estudo de Caso, Yin (2005), destaca três princípios na coletas de dados: i) relata a importância na utilização de várias fontes de evidências, De acordo com Yin (2005), a conclusão em um Estudo de Caso baseada em fontes distintas de informação será mais acurada; ii) refere-se à criação de um banco de dados formal e apresentável para o Estudo de Caso; e, iii) no sentido de aumentar a confiabilidade do estudo de caso, o terceiro princípio sugere manter o encadeamento de

evidências, permitindo que outro pesquisador siga a origem da evidencia indo das questões iniciais da pesquisa até as conclusões finais (YIN, 2005).

As fontes utilizadas para a elaboração da pesquisa foram:

- **Registros em arquivos:** Sob a forma de arquivos e registro em computador. Os registros em arquivo são apresentados por Gil (1999) como importantes na realização de estudo de caso, contudo, salienta que deve haver certa cautela em seu uso. São exemplos de registros em arquivos: mapas e gráficos, listas de nomes e dados oriundos de levantamentos.
- **Documentação:** com intuito de corroborar e valorizar as evidências oriundas de outras fontes de pesquisa, as informações contidas em documentos são relevantes a todos os tópicos do estudo de caso. Essas informações podem assumir muitas formas e devem ser objeto de planos explícitos da coleta de dados (GIL, 1999). Alguns exemplos de documentos citados por Gil (1999): Cartas, memorandos e outros tipos de correspondências, documentos administrativos, registros em jornais, revistas e outros documentos de mídia.
- **Entrevistas com usuários:** um tipo de entrevista mais estruturado assume a forma de um levantamento formal. Esse levantamento poderia ser considerado parte de um Estudo de Caso e produzir dados quantitativos como parte das evidências do Estudo de Caso (YIN, 2005). Para Yin (2005) ao longo do processo de entrevistas devem-se seguir duas tarefas: a) seguir sua própria linha de investigação, como reflexo do protocolo de seu Estudo de Caso; b) fazer as questões reais de forma não tendenciosa que atenda às necessidades de sua linha de investigação.

3.1.5 Método de Trabalho

O método de trabalho utilizado para a realização da pesquisa segue a seqüência lógica apresentada na Figura 9. O método de trabalho é dividido em cinco grandes etapas: i) construção do referencial teórico; ii) construção da proposta de métodos de tomada de decisão que buscam auxiliar técnicos e gestores a formular estratégias de capacidade; iii) aplicação

dos métodos em um caso real em empresa de médio porte; iv) identificação das dificuldades e limitações na implantação da Ferramenta CXD através de entrevistas a técnicos especialistas em CXD; e, v) entendimento de como os métodos são aplicados na prática em casos de múltiplas empresas por meio de entrevistas a gestores de produção.

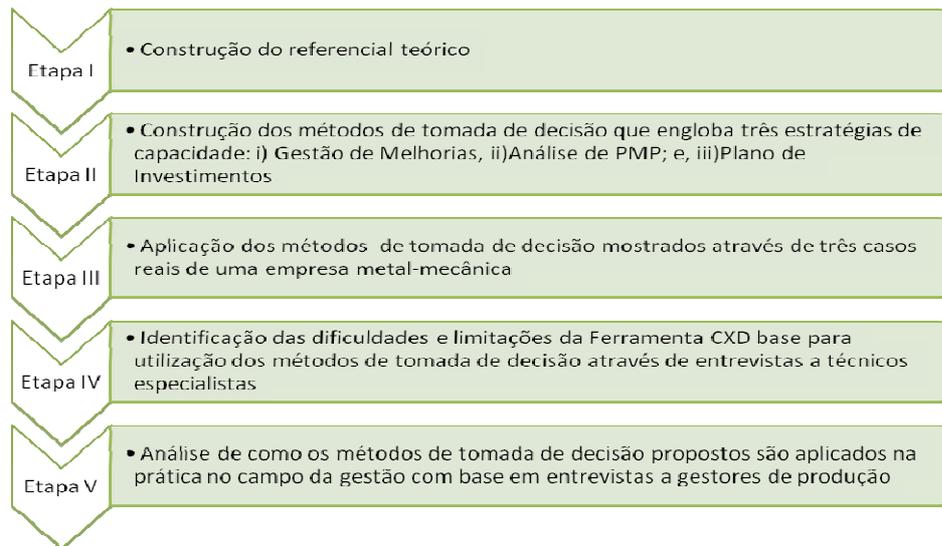


Figura 9: Método de Trabalho da Pesquisa

- **Etapa I:** O Método de Trabalho tem início - Etapa 1 - com a realização de uma pesquisa bibliográfica visando construir o referencial teórico adotado para a elaboração da dissertação. Foram estudados autores clássicos e contemporâneos com o intuito de, através do referencial teórico, atender ao objetivo específico de explicitar as razões do porquê a Ferramenta CXD preenche uma lacuna na literatura clássica de determinação da capacidade fabril.
- **Etapa II:** A partir do referencial teórico, e da experiência do autor, foi proposto um modelo geral, tendo como base técnica a Ferramenta CXD, passível de ser operacionalizado para a tomada de decisões relevantes em termos de sistemas de produção formulando estratégias associadas à gestão da capacidade e da demanda. A saber: i) Método 1 – Gestão de Rotinas; ii) Método 2 - Gestão de Melhorias; e, iii) Método 3 – Gestão Estratégica de Longo Prazo.

- **Etapa III:** o conjunto de métodos propostos é ilustrado, a partir de uma perspectiva empírica. Para isso foram apresentados e discutidos criticamente 3 casos práticos selecionados para ilustrar a potencialidade de utilização dos Métodos (Método 1, 2 e 3) em uma mesma empresa metal-mecânica de médio porte. Os casos analisados ocorreram em períodos diferentes de tempo e em Unidades de Negócio distintas da mesma empresa. Eles foram escolhidos de forma deliberada levando em conta a sua capacidade de ilustrar e contribuir para uma discussão crítica dos métodos propostos que, em sua totalidade, constituem o modelo proposto. Para a apresentação dos 3 casos reais foram coletados dados históricos a partir de registros em planilhas de análise de capacidade e demanda arquivada no sistema de informação da empresa. Também, foram coletadas atas de encontros de equipes multifuncionais que fizeram as análises e planos dos casos apresentados. A existência desses registros formais auxiliou na apresentação dos casos com maior representatividade e confiabilidade do fato histórico real.
- **Etapa IV:** a idéia central nesta etapa é identificar, através de análise qualitativa, as principais dificuldades de implantação da Ferramenta CXD, bem como as principais limitações em termos de sua operacionalização. Isso é relevante na medida em que o modelo, e os respectivos métodos propostos, estão baseados no uso da Ferramenta CXD. Os técnicos entrevistados para essa análise ocupam o cargo de Analistas (a saber: analista de melhoria contínua, analista de programação e logística e analista de engenharia de processo), sendo atualmente os responsáveis pela manutenção da Ferramenta CXD em suas empresas. Ainda, foi entrevistado um técnico que atua em uma empresa de consultoria com experiência de atuação (4 anos) na implantação da Ferramenta CXD. Este técnico participou do processo de implantação em 3 das 4 empresas pesquisadas. Foram, portanto, entrevistados ao total de 6 técnicos, considerando a entrevista piloto.
- **Etapa V:** realizada simultaneamente com a Etapa IV, a Etapa V teve por objetivo principal analisar qualitativamente como são tomadas as decisões que afetam a gestão da capacidade fabril e sua relação com a demanda de mercado em quatro empresas distintas. A entrevista foi realizada com 5 gestores que ocupam o cargo de Coordenadores de Produção de quatro diferentes empresas: Empresa A (2); Empresa B

(1); Empresa C (1); Empresa D (1). Na Empresa A, diferentemente das demais, foram entrevistados 2 gestores tendo em vista que a entrevista piloto foi realizada com 1 gestor dessa empresa. A escolha do cargo de Coordenador de Produção como público alvo das entrevistas está relacionado com o fato concreto de sua participação direta na análise, proposição e aprovação de investimentos, além da responsabilidade efetiva no que tange à gestão em uma das Unidades de Negócio que compõe uma das empresas pesquisadas. Nas análises qualitativas das entrevistas realizadas as decisões de capacidade foram divididas levando em conta os três diferentes métodos de tomada de decisão (Gestão de Rotinas, Gestão de Melhorias, e Gestão Estratégica de Longo Prazo). A idéia foi considerar as percepções dos gestores em relação às diferentes práticas ligadas a gestão da relação entre capacidade e demanda. Os resultados destas entrevistas tendem a permitir uma avaliação crítica dos métodos propostos na pesquisa.

Nas etapas IV e V foram utilizadas entrevistas estruturadas, para o qual foram utilizados formulários padrões – Anexos I e II. Os formulários das entrevistas foram inicialmente construídos a partir da análise do referencial teórico e da experiência do pesquisador. Foram realizadas entrevistas pilotos com um técnico e um gestor de uma das empresas pesquisadas (Empresa A). A partir destas entrevistas piloto foram realizadas as alterações no instrumento de pesquisa (por exemplo, foi retirada uma questão redundante quanto às decisões tomadas pelos gestores, e, complementada a Questão 3 do questionário aplicada aos técnicos - Anexo I, solicitando a descrição do processo de implantação da Ferramenta CXD). De outra parte, as respostas obtidas nas entrevistas piloto foram, também, utilizadas para realizar as análises propostas pela pesquisa.

A razão para a utilização de empresas distintas nas Etapas IV e V foi a necessidade de elaborar comparações entre as particularidades dos métodos implantados em cada empresa, visando identificar: i) as dificuldades e limitações em relação à Ferramenta CXD utilizadas diferentes empresas; ii) os reais e potenciais usos dos métodos propostos; iii) os principais problemas e limitações encontradas em relação aos métodos de tomada de decisão propostos. A riqueza das análises está ligada tanto ao fato das empresas possuírem sistemas de gestão distintos como as diferentes percepções dos gestores de produção que vivenciam o problema

em diferentes contextos culturais. A escolha das empresas pesquisadas deu-se a partir das diferentes características apresentadas pelas empresas o que inclui: i) tempo de utilização da Ferramenta CXD; ii) porte da empresa caracterizada pelo número de funcionários; iii) quantidade de itens de produção; iv) receita; v) percentual de investimento em capacidade fabril; vi) tipo de produto fabricado. O Quadro 12 resume estas características para as diferentes empresas.

Característica:	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D
Sistema de programação	MRP	MRP	MRP	NPS
Utiliza a Ferramenta CXD	4 anos	10 meses	3 anos	Não usa
Área responsável pela aplicação e uso da Ferramenta CXD	Engenharia de Melhoria Contínua	PCP	Engenharia Processo e PCP	Logística PCP
Número de itens finais no portfólio	12000	4000	500	200
Número de funcionários	2800	850	320	1500
Faturamento anual (milhões de reais)	400	360	120	700
% de investimento em capacidade sobre receita	3,5%	1,1%	6%	2%
Tipo de Produto Fabricado	Autopeças	Sistemas de Freio	Sistemas Automotivos	Suspensões

Quadro 12: Descrição das empresas pesquisadas

As quatro empresas pesquisadas fizeram uso recente da Ferramenta CXD. No entanto, estão em diferentes estágios de implantação e utilização da mesma. A primeira empresa pesquisada faz uso da ferramenta há 4 anos (Empresa A), a segunda empresa faz uso da ferramenta há 10 meses (Empresa B), a terceira empresa faz uso há 3 anos (Empresa C), e, finalmente, a quarta empresa pesquisada fez uso da ferramenta por 1 ano, mas atualmente não utiliza sistematicamente essa metodologia (Empresa D). Um modelo da interface da Ferramenta CXD utilizada pelas Empresas A, B e C, encontra-se dispostas nos Anexos III, IV e V, respectivamente.

No que se refere à área responsável pela aplicação e uso da Ferramenta CXD verifica-se que o departamento de vendas, responsável pela formação do Plano Agregado de Produção, não está diretamente envolvido na manutenção e uso da Ferramenta CXD em nenhuma das empresas pesquisadas. Contribui para essa situação o fato de nenhuma empresa pesquisada utilizar o Método Parcial de Formação do PMP.

As entrevistas que embasam as Etapas IV e V dessa pesquisa ocorreram entre os dias de 06 de novembro de 2009 a 15 de Janeiro de 2010.

Por fim, ressalta-se que, as Etapas III, IV e V, conjuntamente servem de embasamento da análise crítica dos métodos construídos na Etapa II, com objetivo de validar o modelo sistêmico de tomada de decisão de capacidade e demanda fabril proposto no trabalho.

4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

O desenvolvimento da pesquisa está dividido em quatro seções: i) construção dos métodos de tomada de decisão; ii) aplicação dos métodos em um caso real em empresa de médio porte; iii) identificação das dificuldades na implantação da Ferramenta CXD através de entrevistas a técnicos especialistas em CXD; e, iv) entendimento de como os métodos são aplicados na prática em casos de múltiplas empresas por meio de entrevistas a gestores de produção.

4.1 MÉTODO DE TOMADA DE DECISÃO UTILIZANDO A ANÁLISE CXD

4.1.1 Considerações Iniciais

As decisões sobre capacidade são definidas, ao ‘natural’, pelas empresas industriais uma vez que crescer faz parte da lógica de funcionamento das empresas capitalistas (PENROSE, 1959). Tornar as decisões mais assertivas é o desafio que se propõe discutir no método proposto nesse capítulo.

É verdade que muitas empresas não sofrem por falta de capacidade. Isso tende a se justificar pelo fato de que nenhuma empresa deseja perder receita ou vendas, e, por esse motivo, elas preferem arcar com custos maiores de manutenção de ativos a não atender ao mercado. Essa “gordura” de capacidade normalmente instalada nas organizações, e que habitualmente não é conhecida nem utilizada, pode ser minimizada na medida em que informações mais acuradas e qualificadas chegam aos processos decisórios. A título de

síntese, o que se deseja é a maior utilização dos recursos já instalados aumentando a capacidade disponível com os mesmos ativos. Ao mesmo tempo deseja-se evitar realizar novos investimentos na incerteza de haver mercados que absorvam a oferta de produtos.

A maneira na qual a capacidade é medida e informada tende a afetar a tomada de decisão, bem como o desempenho econômico do negócio, quando se considera o nível de utilização dos ativos da empresa (WATTS *et al.*, 2009). Em geral, as empresas contam com a experiência de seus funcionários que direcionam as estratégias de produção no sentido da melhoria contínua da organização. O *Know-How* dos gestores e funcionários é sempre um conhecimento valioso e imprescindível tendo em vista a infinidade de informações que são considerados e processados antes de definir uma estratégia. Muitas vezes essas informações não são mensuráveis ou tangíveis e dificilmente seriam modeláveis em *software* de simulação ou outro instrumento computadorizado. Pode-se dizer que é inerente às empresas que os gestores assumam a responsabilidade e corram riscos intrínsecos as escolhas estratégicas efetuadas. No entanto, parece necessário evoluir no sentido de sistematizar e nivelar o conhecimento nas organizações, descentralizando decisões e agilizando o processo de melhoria, visando reduzir os erros na tomada de decisão.

4.1.2 Modelo de Tomada de Decisão

O modelo proposto de tomada de decisões, considerando o uso da Ferramenta CXD, deve auxiliar nas decisões relacionadas aos sistemas produtivos, a partir de diferentes perspectivas, desde o curto prazo (por exemplo, definição de horas extras) quanto de longo prazo (como por exemplo, a macro estratégias da empresa). Da mesma forma deve envolver diferentes níveis de uma organização, desde o nível tático operacional até o nível estratégico.

O Quadro 13 apresenta algumas classes de decisões relacionadas ao método por nível hierárquico.

<i>Nível hierárquico</i>	<i>Decisão</i>
Estratégico (Médio/longo prazo)	Aquisição de equipamentos; Investimentos em melhorias internas; Aumento de eficiência; Flexibilização do sistema de produção; Número de pessoas necessárias com base na necessidade de recursos produtivos; Estratégias de ampliação da capacidade total do sistema produtivo.
Tático (curto/Médio prazo)	Programação dos recursos de produção; Definição dos turnos de trabalho ('definição da fábrica'); Definição do número de horas extras; Monitoramento da eficiência dos recursos críticos; Gestão do posto de trabalho visando atender um valor de eficiência meta definida no nível estratégico; Redução de tempo de troca de ferramental (tempo de preparação de máquinas); Tempos utilizados com manutenção preventiva; Tempos utilizados com paradas programadas: reuniões; refeições; limpeza e organização.

Quadro 13: Decisões relacionadas ao Modelo de Tomada de Decisão por nível hierárquico

Fonte: o autor.

A Figura 10 fornece uma noção das interconexões passíveis de serem realizadas a partir da análise CXD com alguns problemas práticos relevantes ou decisões necessárias de serem realizadas no âmbito do sistema de produção.

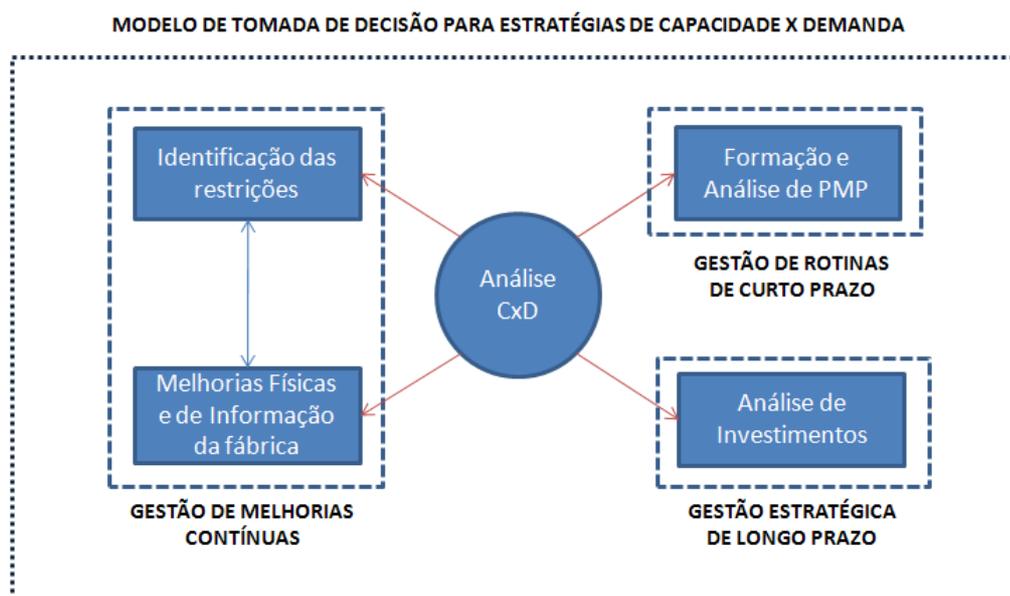


Figura 10: Modelo de Tomada de Decisão para Estratégias de Capacidade X Demanda

Na Figura 10 é mostrado o Modelo de Tomada de Decisão para Estratégias de Capacidade e Demanda. A partir da análise CXD são possíveis a proposição dos métodos: i) Gestão de Rotinas de curto prazo; ii) Gestão de Melhorias Contínuas; iii) Gestão Estratégica de Longo Prazo.

As decisões atreladas aos métodos de gestão tratam, intrinsecamente, o que Antunes (1998) denomina de ‘Conceito ou Definição de Fábrica’. Para o autor “definições de fábrica” abrangem uma relação ampla entre aspectos de origem política e técnica que deve ser feita pelo grupo gestor da Fábrica (ANTUNES, 1998). Para o autor existe a possibilidade da definição de ‘várias Fábricas’ a partir de uma quantidade de recursos físicos similares, o que pode resultar em gargalos distintos se consideradas diferentes definições de fábrica. Essas definições englobam, por exemplo: o número de funcionários, turnos de trabalho, quantidade de recursos ativos, eficiência, horas extras, índices de qualidade, etc.

Cada um dos métodos trata num nível diferente (operacional, tático e estratégico) os pressupostos que levam a definição da fábrica. No nível operacional/Gestão de Rotinas o pressuposto básico utilizado para a ‘definição da fábrica’ é que os recursos físicos e de pessoal passíveis de serem utilizados são os disponíveis no momento da análise. Pode-se alterar o conceito de fábrica interagindo nas dimensões e pressupostos que a definem sem que seja possível a realização de investimentos elevados ou modificações estruturais. Neste sentido, o conceito/definição de fábrica pode ser modificado atuando sobre tópicos como: número de horas trabalhadas, horas-extras, realocação de pessoal na fábrica com ênfase nos gargalos, utilização de roteiros alternativos de produção, terceirização de atividades utilizando fornecedores que já estão em atividades, mudanças na programação da produção (por exemplo: juntar lotes no gargalo visando aumentar a eficiência global do mesmo). No entanto, em todas as situações trata-se de decisões de nível operacional e de resposta imediata ao sistema. Ou seja, trata-se de questões de curto prazo que precisam ser equacionadas para viabilizar que o programa de produção possa ser cumprido.

A Gestão de Melhoria Continua interligada a análise CXD remete, por sua vez, a ações de melhorias na relação da CXD de impacto estrutural e de baixo investimento. Nesse caso, propõe-se atuar em estratégias de melhorias no médio prazo, que busquem principalmente maximizar a utilização dos ativos existentes, Neste caso, são feitas pequenas alterações nos

elementos estruturais na definição de fábrica (por exemplo: ações de melhorias no IROG do recurso gargalo tende a englobar as principais ações passíveis de serem realizadas neste nível).

Já na Gestão Estratégica de Longo Prazo a idéia básica é buscar a melhor aplicação dos investimentos realizados pela empresa. A formação de cenários é possível e pode contribuir na formação de estratégias de capacidade e demanda, visando definir um plano de longo prazo que definirá a fábrica do futuro de acordo com os pressupostos considerados. O método de gestão estratégica de longo prazo trata dos investimentos de maior monta, que são associados mais diretamente às macros estratégias do negócio.

Resumidamente as condições de contorno que estão associadas às definições de fábrica em cada método de decisão no modelo proposto são:

- Gestão de Rotinas: definição de fábrica considerando os recursos disponíveis no momento e que são passíveis de serem geridos de distintas formas;
- Gestão de Melhorias: definição de fábrica considera alterações estruturais realizadas com investimentos moderados que, em geral, são realizadas através dos métodos e técnicas da produção enxuta (ex: Troca Rápida de Ferramentas, TPM, redução dos tempos de processamento). A síntese destas ações, na maioria das vezes, implica em aumento do IROG dos equipamentos críticos e/ou redução dos tempos de processamento de produtos que passam nos recursos críticos (ex: melhorias na alimentação das máquinas). Algumas vezes pode implicar na admissão de novos colaboradores para a empresa;
- Gestão Estratégica de Longo Prazo: planejamento dos parâmetros que definirão a fábrica no futuro, considerando maiores investimentos (por exemplo: aquisição de máquinas novas, reformas de máquinas, etc.).

A Figura 11 apresenta o Método integrado composto pelos Métodos de Tomada de Decisão de Estratégias de Capacidade que são: Método de Gestão de Rotinas, Método de Gestão de Melhorias e Método de Gestão Estratégica de Longo Prazo.

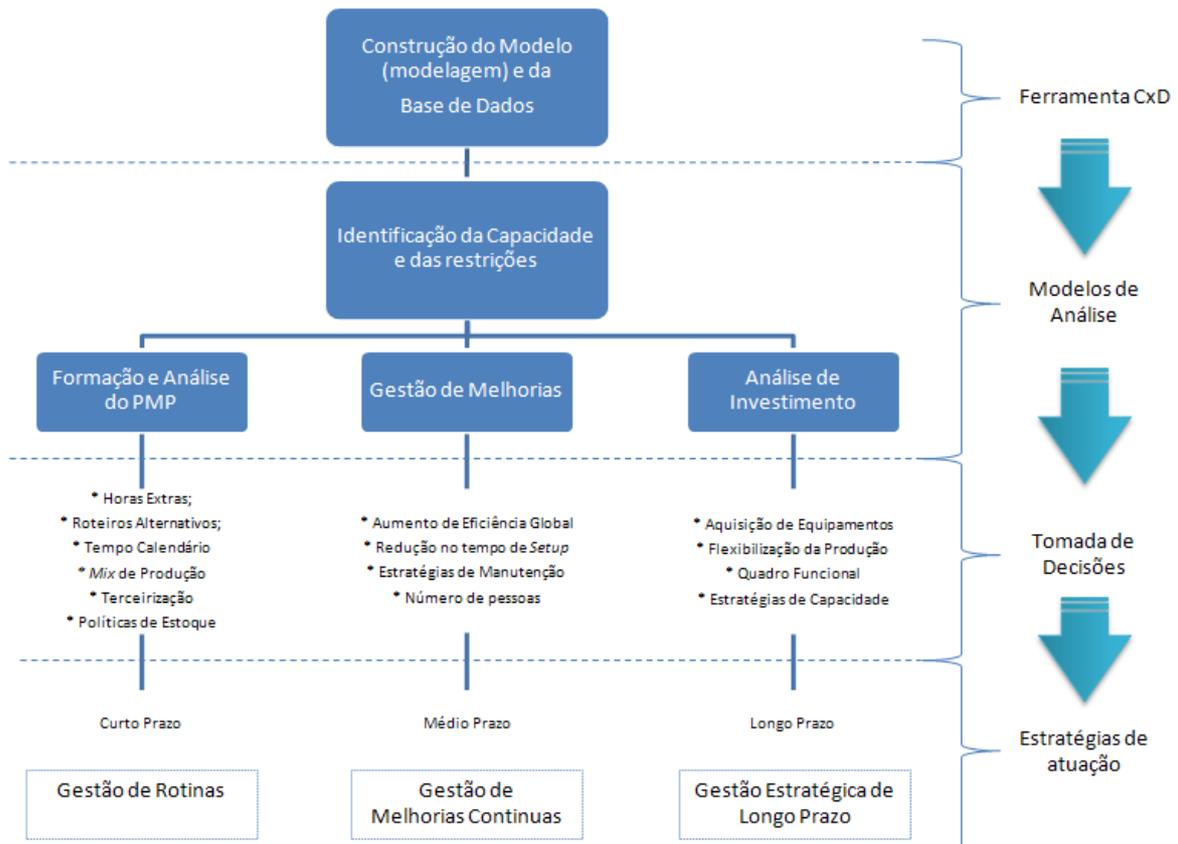


Figura 11: Método Integrado de Tomada de Decisão de Estratégias de Capacidade

Todos os métodos seguem o princípio de analisar a tomada de decisão a partir da restrição, tendo como objetivo adicional formalizar as ações de contenção ou planejamento para atender a demanda de produtos do período analisado. O Modelo Integrado não se propõe a atuar nas restrições externas ao sistema tendo em vista que não inclui, a princípio, ações ligadas ao mercado. As estratégias propostas estão, portanto, relacionadas com questões associadas à gestão capacidade e demanda interna de produção. No entanto, cabe salientar que, no futuro, em alguns dos métodos propostos (por exemplo: análise de investimentos) é possível, e desejável, considerar ações relacionadas ao ambiente externo.

A seguir são apresentados os passos básicos propostos em cada um dos métodos de formulação de Estratégias de Capacidade (e Demanda).

4.1.2.1 Método de Identificação da Restrição e Dimensionamento da Capacidade Fabril

A seguir são apresentados dos métodos parciais de: i) método de identificação da restrição; e, ii) método de dimensionamento de capacidade.

a) Método de Identificação da Restrição

A identificação das restrições é o processo de identificação dos gargalos e CCRs da empresa. Sem o uso de uma ferramenta adequada não é possível identificar a restrição interna de um sistema produtivo. A Ferramenta CXD possibilita uma ampla discussão quanto à Identificação de CCRs e Gargalos de Produção

A seguir são apresentados, de forma sucinta, os passos que permitem operacionalizar o método de Identificação da Restrição.

1. Estruturar a Ferramenta CXD: alimentar as informações necessárias na planilha de cálculo, a saber: grupo de máquinas, quantidade de máquinas para cada grupo, roteiro de fabricação de cada item, tempos de processamento de cada item em cada recurso, quantidade de recursos, dias e horas programadas de cada recurso no período a ser analisado, e, a eficiência operacional global média de cada recurso.
2. Adequar a Ferramenta CXD de acordo com a empresa: verificar a estrutura de itens pais e filhos, adequar unidades de tempos de processamento, configurar Ferramenta CXD de acordo com relatórios de dados de entrada, adequar a interface da ferramenta para a empresa; etc.
3. Validar os resultados obtidos a partir da Ferramenta CXD (esse passo somente é necessário quando se deseja verificar a acuracidade dos resultados da ferramenta, normalmente nos momentos de implantação da mesma). A validação ocorre a partir da estruturação da Ferramenta CXD de acordo com o Passo 1. Isto pode ser feito utilizando dados reais de um período histórico da produção. A idéia consiste em verificar se os resultados previstos no modelo de fato ocorreram na realidade prática da empresa, com um nível de erro considerado aceitável. Caso existam discrepâncias consideráveis entre a

realidade e o modelo proposto torna-se necessário verificar tanto o modelo formulado como a alimentação de dados do mesmo.

4. Alimentar a demanda futura, a qual se deseja analisar, em unidades de fabricação por código de itens finais. A demanda analisada pode ser de curto, médio ou longo prazo, de acordo com o que se deseja avaliar. No curto prazo a análise ocorre principalmente no campo da programação da produção, validando o PMP e tomando ações de contenção. Nesse caso a demanda alimentada será a carteira de pedidos firmes da empresa descontados do estoque de produto acabado e em processamento, e, se necessário, adicionado de previsão de vendas considerada razoável para a situação em cena. No médio prazo, em geral, deseja avaliar ações de melhoria que resultem num aumento estrutural de capacidade (por exemplo, aumentos do IROG dos equipamentos, redução dos tempos de processamento ou mesmo análise da aquisição de equipamentos). Nesse caso a demanda alimentada será a demanda composta por pedidos e previsões de venda para o período analisado. Já no longo prazo, a demanda futura estimada ajuda na formação de estratégias de capacidade que necessariamente devem estar alinhadas com as perspectivas de crescimento do negócio, envolvendo decisões de aquisições de máquinas e novas plantas industriais. Deve considerar, também, em todos os horizontes, a necessidade de acrescentar à demanda do cliente o índice de defeitos médio gerados pela empresa. Essa informação passa a ser relevante no caso de uma elevada quantidade de material ser processadas no gargalo e, posteriormente, rejeitadas pela qualidade.
5. Executar o procedimento de cálculo que permita a visualização da demanda em horas de cada recurso, bem como, a capacidade em horas de cada recurso.
6. Identificar os recursos, no caso de haver restrição interna, que possuem capacidade inferior a demanda. Não havendo recurso com demanda superior a capacidade diz-se que a restrição é o mercado.
7. Revisar os pressupostos que definem a fábrica. Para definição específica de gargalo deve primeiramente eliminar os problemas de capacidade e demanda de cunho puramente conjuntural.

8. O recurso gargalo será aquele que apresentar maior diferença entre a demanda e a capacidade, ou seja, maior falta de capacidade. E ainda, considerar os recursos com problemas estruturais de capacidade.
9. Identificar a restrição e tomar ações de curto, médio ou longo prazo para ampliar a capacidade da restrição. Desse modo estará ampliando a capacidade de todo o sistema.

b) Método de Dimensionamento da Capacidade de Produção

O método de dimensionamento da capacidade de produção é o processo de identificação da capacidade máxima de produção, em uma determinada unidade de fabricação, considerando um intervalo de tempo e um determinado *mix* de produção. O cálculo da capacidade em peças segue os passos descritos a seguir.

1. Seguir os passos do Método de Identificação da Restrição. Considerar que o *mix* de produção utilizado seja coerente para o período de análise da capacidade de produção⁹.
2. Identificar os recursos críticos.
3. Aumentar gradativamente o volume de produção, mantendo o *mix* de produção coerente com o volume analisado, até a capacidade da restrição seja igualado à demanda. O volume em unidades de fabricação, cuja diferença entre a demanda e capacidade for igual a zero (ou muito próximo), será a capacidade máxima de produção do sistema.
4. Para melhor análise do sistema sugere-se identificar as capacidades dos demais recursos críticos. Os próximos passos deve-se ampliar a capacidade do mesmo

⁹A análise de capacidade é válida de acordo com o período utilizado de demanda. Se o período de demanda utilizado refere-se a demanda do mês corrente não pode-se dizer, que a capacidade dos demais meses será a mesma, salvo se o *mix* não mudar. Em outras palavras a capacidade de produção irá variar, de alguma forma, com o *mix* de produção.

modo que o realizado no passo 3, até identificar a capacidade de cada recurso crítico.

5. Apresentar graficamente a capacidade dos recursos críticos do sistema de produção como é apresentado na Figura 12.

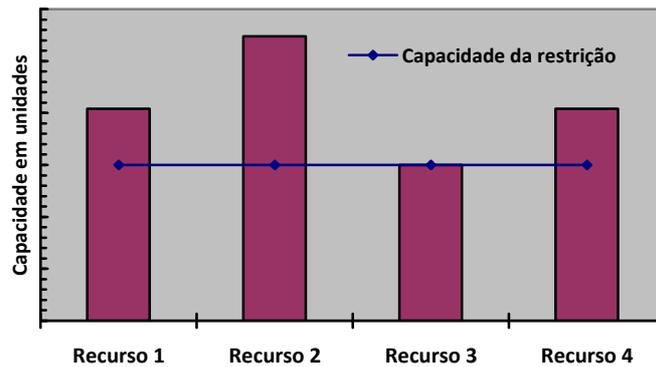


Figura 12: Gráfico de capacidade por recurso de produção

6. Analisar o comportamento dos recursos críticos no longo prazo e, propor ações estratégicas para a adequação da capacidade no gargalo e nos demais recursos críticos. O nível de priorização se dá a partir do recurso de menor capacidade.

Observa-se que no cálculo da capacidade de produção, não são consideradas a quantidade de funcionários. Isto ocorre, a partir do entendimento de que o acréscimo de funcionários é possível, somente, no médio prazo (é preciso considerar na análise os tempos relativos ao processo de seleção, treinamento e capacitação e curvas de aprendizagem dos trabalhadores). E, por isso, os funcionários não são considerados como uma restrição a capacidade do sistema. No entanto, nos casos em que a empresa venha a atuar em um mercado altamente especializado que exija funcionários qualificados e com pouca oferta no mercado, é possível que a falta de funcionários possa ser considerada um limitante a capacidade de produção (por exemplo, empresas que dependem de soldadores qualificados em situações onde a oferta destes profissionais está limitada no mercado).

4.1.2.2 Método de Gestão de Rotinas: Formação e Análise de Plano Mestre de Produção

O Plano Mestre de Produção é responsável por transmitir ao sistema produtivo as necessidades do mercado. O Plano Mestre de Produção define o que e quanto produzir em relação aos produtos finais, considerando quando estes devem estar concluídos (SOUZA, 2000).

O PMP é calculado a partir das necessidades brutas de vendas (previsões e pedidos) deduzidas os estoques disponíveis e as ordens de fabricação abertas não destinadas a alguma outra demanda anterior, acrescidas dos estoques finais desejados (Souza, 2000).

A análise CXD pode contribuir com o PMP de 2 maneiras: i) Formação do Plano Mestre de Produção em sistemas de produção menos complexos; e, ii) Análise e revisão do Plano Mestre de Produção inclusive nos casos em que são utilizados outros modelos para a formação inicial do Plano Mestre de Produção (por exemplo: MRP).

a) Formação do Plano Mestre de Produção

A formação do Plano Mestre de Produção refere-se à primeira fase de análise de capacidade e demanda, que ocorreria ainda no departamento de vendas da empresa. A Ferramenta CXD pode cumprir a tarefa de cálculo do PMP de produção seguindo os seguintes passos: i) estruturar e validar modelo na Ferramenta CXD; ii) alimentar pedidos firmes mais previsões, já descontadas de estoques; iii) analisar a capacidade e ajustar o programa.

1. Estruturar e validar Ferramenta CXD:

- a. Alimentar as informações necessárias na planilha de cálculo, a saber: grupo de máquinas, quantidade de máquinas para cada grupo, roteiro de fabricação de cada item, tempos de processamento de cada item e em cada recurso, quantidade de recursos, dias e horas programadas de cada recurso no período a ser analisado, e, a eficiência operacional global média de cada recurso;
- b. Estruturar a Ferramenta CXD de acordo com cada empresa: verificar a estrutura de itens pais e filhos, adequar unidades de tempos de processamento, configurar Ferramenta CXD de acordo com relatórios

- de dados de entrada, adequar a interface da ferramenta para a empresa; etc.
- c. Validar os resultados obtidos a partir da Ferramenta CXD (esse passo somente é necessário quando se deseja verificar a acuracidade dos resultados da ferramenta, normalmente nos momentos de implantação da mesma). A validação ocorre a partir da estruturação da Ferramenta CXD de acordo com o Passo 1. Isto pode ser feito utilizando dados reais de um período já transcorrido. A idéia consiste em verificar se os resultados previstos no modelo de fato ocorreram na realidade prática da empresa, com um nível de erro considerado aceitável. Caso existam discrepâncias consideráveis entre a realidade e o modelo proposto torna-se necessário verificar tanto o modelo formulado como a alimentação de dados do mesmo.
2. Para formar a demanda de produção considerar:
 - a. A quantidade demandada na forma de pedidos e previsão de vendas e atendimento a política de estoque de produto acabado;
 - b. Descontar quantidade referente a produto acabado e em processamento e alimentar no campo 'demanda', o valor resultante.
 3. Gerar uma análise CXD e verificar se há capacidade para atender a demanda no período programado. Itens a considerar:
 - a. Ajuste de demanda considerando ações como renegociação de prazos e volumes;
 - b. Priorização dos itens a produzir no caso de capacidade inferior a demanda e não for possível ou não desejar atender a demanda excedente;
 - c. Firmar demanda para o período analisado, volume e *mix* de produtos.

Para formação de PMP sugere-se firmar períodos curtos de horizonte de trabalho, por exemplo, uma semana. Após a formação do PMP os próximos passos para garantir

atendimento à demanda devem ser seqüenciamento e programação da produção (através de sistemas tipo: MRP, Programação Fina de produção, etc.); programação e compras de materiais; controle de produção, etc.

b) Análise do Plano Mestre de Produção

O método de Análise do Plano Mestre de Produção propõe revisar o PMP sob o critério da relação da capacidade e demanda e com o intuito de garantir o atendimento a demanda. Normalmente, essa etapa ocorre na área de PCP da empresa, que acresce a demanda de pedidos de clientes os dados referentes aos controles de produção e materiais: controles de estoque de produto acabado, intermediário e de materiais. A análise do PMP é classificada em decisões de curto prazo.

Os passos lógicos de Análise do PMP são:

1. Seguir os passos do Método de Identificação da Restrição;
2. Identificar os recursos críticos de produção, ou seja, os recursos com capacidade inferior;
3. Verificar os parâmetros que definem a fábrica e buscar ações de contenção considerando os recursos existentes na empresa e que possam ser utilizados rapidamente.

No curto prazo são avaliadas as decisões de nível operacional que procuram garantir a execução do Plano Operacional da semana, ou, mês, corrente. As principais decisões de curto prazo são:

- a. **Horas extras:** a quantidade de horas faltantes de capacidade para atingir a demanda poderá ser preenchida por horas extras. A quantidade de horas faltantes é fornecida pela Ferramenta CXD para cada recurso, que em geral, para empresas de produção intermitente e de fluxo não unitário de peças, podem ser cumpridas individualmente em cada recurso de acordo com a diferença entre a demanda e a capacidade. Para sistemas de produção contínuos e células de manufatura totalmente sincronizadas, é possível que todo o sistema tenha que realizar horas extras, na mesma medida que a restrição, sob pena de gerar falta de sincronismo na linha de fabricação.

- b. **Roteiros alternativos:** menos dispendioso que as horas extras, o uso de roteiros alternativos pode aliviar a carga sobre a restrição do sistema. Além de reduzir a demanda sobre o gargalo o uso de roteiros alternativos pode, em caso de diminuir o número de itens diferentes produzidos no gargalo, aumentar a eficiência do recurso uma vez que reduz as paradas em termos da necessidade de trocas de ferramentas (preparação de máquinas).
- c. **Melhor utilização do tempo calendário:** o uso de intervalos de refeição para manter a produção no gargalo é uma ação que pode ser utilizado por um período de tempo, até mesmo sem necessitar de contratações de novos funcionários. A movimentação de funcionários multifuncionais¹⁰ pode garantir o aumento de capacidade de uma ou duas horas diárias na restrição sem grandes esforços financeiros.
- d. **Balanceamento da produção através das pessoas:** muitos recursos podem ter sua capacidade de produção ampliada quando é aumentado o número de pessoas que, simultaneamente, executam aquela operação. O que, de fato, pode ser proposto é uma redistribuição das atividades da operação gargalo de modo que possa reduzir o tempo de processamento ou ampliar a eficiência global dos recursos. A contratação de novos funcionários é possível. No entanto, a experiência mostra que uma revisão no balanceamento entre as operações do sistema pode permitir uma realocação da mão-de-obra privilegiando o aumento de eficiência do gargalo de produção.
- e. **Negociação de pedidos quanto a prazos e quantidades:** em certos momentos sua empresa pode encontrar-se na seguinte situação, existe pedidos em quantidades muito superiores a capacidade para um determinado período de fabricação e, mesmo com ações de mitigação, não é capaz de ampliar a capacidade para atender a demanda. Uma alternativa hábil, de impacto melhor do que atrasar a entrega ou recusar o pedido consiste em buscar uma negociação junto ao cliente no que tange aos volumes e/ou prazo de entrega. O

¹⁰ É necessário preparar previamente funcionários multifuncionais capazes de exercerem as atividades de produção do gargalo permitindo o rodízio de pessoas.

parcelamento da entrega junto ao cliente pode ter boa aceitação e ajudar ambas as partes.

- f. **Definição de *mix* prioritário de produção:** no caso de impossibilidade de atender a demanda do período e de não ser possível ou não desejável a negociação de prazos de entrega, um passo importante refere-se à definição de quais pedidos serão produzidos. A escolha da definição do *mix* de produção prioritário pode seguir diferentes critérios, como por exemplo: um cliente estratégico para entrar num mercado novo de atuação, um cliente estratégico que no futuro pode representar uma fatia importante da receita da empresa, pedidos de pagamento a vista se houver necessidade de caixa, pedidos cujos materiais já se encontram em estoque na empresa, ou ainda, pedidos que apresentem maior ganho financeiro considerando a taxa de ganho gerada pela restrição. Essa última proposição refere-se à metodologia utilizada na fábrica P&Q apresentada no Sub-capítulo 2.3.3.1.

A Ferramenta CXD pode ser utilizada para análise da taxa de ganho da restrição e definição de *mix* ideal de produção, sob esse último critério, a partir de alterações mínimas em seu formato. A seguir é apresentado alguns passos para análise do *mix* ideal de produção a partir da Ferramenta.

1. Seguir os passos do Método de Identificação da Restrição;
2. Identificar o *mix* de produção que passa no gargalo;
3. Acrescer na planilha de cálculo uma coluna referente à margem de contribuição unitária ou preço líquido de cada item;
4. Multiplicar a produção horária de cada item pela margem de contribuição unitária ou preço líquido;
5. Classificar da maior para a menor taxa de margem os itens que são programados para produção no gargalo;
6. Alocar capacidade do gargalo de acordo com a prioridade do item até utilizar toda a capacidade de produção do sistema.

Já as decisões de médio prazo, relacionadas ao Plano Mestre de Produção, são:

- a. **Dimensionamento de turnos de trabalho:** o dimensionamento do tempo de produção para aumento de capacidade é uma decisão que pode modificar significativamente a capacidade de produção das Unidades de Negócio e das Empresas. O mesmo pode ocorrer no caso de redução de turnos de trabalho, quando ocorre a redução de demanda ou a ampliação de capacidade de modo a justificar o enxugamento dos custos de fabricação.
- b. **Contratação de pessoas:** o quadro funcional requer dimensionamento formal que evite o ‘inchamento’ do sistema resultando em maiores custos. Muitas vezes durante o período de aumento de demanda são permitidas as contratações, o que pode ocorrer sem critérios de alocação dos recursos e em quantidades superiores as necessárias. A Ferramenta CXD apresenta diretamente os recursos mais críticos e que requerem maior quantidade de recursos. Também, indiretamente, indica a quantidade de pessoas necessárias através da quantidade de horas faltantes para atender a demanda. É importante ressaltar que, em vários casos, a entrada de pessoas na empresa não implica em utilização imediata das mesmas (ao menos na capacidade nominal) uma vez que pode existir um razoável prazo para treinamento e capacitação nas operações a serem realizadas. Tal fato deve ser considerado quando da análise do Plano Mestre de Produção em uma perspectiva de médio prazo. Numa outra perspectiva, de queda de demanda, a CXD ajuda a dimensionar a adequação do quadro funcional as perspectivas do mercado.
- c. **Terceirização:** está relacionado com o processo de médio e longo prazo de desenvolvimento de fornecedor que atenda aos requisitos de qualidade necessários para produzir parte do produto, ou em sua totalidade, complementando a capacidade instalada na empresa. O processo de terceirização justifica-se na medida em que permite certa flexibilidade de volume de atendimento a variações de demanda, especialmente de médio prazo, previamente acertadas entre a empresa compradora e a empresa terceirizada. Em casos onde existe uma perspectiva consistente, por um longo período, de manter-se a demanda elevada é, possivelmente, preferível a

ampliação da capacidade em relação à terceirização. Na prática, faz-se necessário uma análise econômica entre ‘fazer e produzir’ em cada um dos casos estudados.

- d. **Revisão das políticas de estoque:** uma alternativa para atuar com sazonalidades de demanda está na possibilidade de formação de estoques de produto acabado produzidos num período de baixa e consumidos num período de alta. A Ferramenta CXD permite auxiliar nesse processo, a partir da análise individual de diversos períodos de produção (por exemplo, a partir de um horizonte de tempo mensal) que permita identificar antecipadamente os períodos de alta demanda de modo a ser possível reagir em tempo hábil antecipando a produção.

O Método de Gestão de Rotinas requer a análise dos resultados e ações necessárias com elevada frequência. Trata-se de uma atividade de rotina na organização. Sugere-se que sejam realizadas reuniões de análise do PMP diária ou semanalmente de acordo com as características da empresa. A análise necessita ser feita com a Ferramenta CXD atualizada e com a participação de uma equipe multifuncional que englobe as áreas de produção, Planejamento, Programação e Controle da Produção e dos Materiais (PPCPM), engenharia e qualidade.

4.1.2.3 Método de Gestão de Melhorias

A definição do processo de melhoria contínua está, usualmente, focada no aumento de capacidade ou na redução da demanda da restrição. É a partir da identificação dos pontos críticos e com o apoio de ferramentas de monitoramento e Gestão dos Postos de Trabalho (GPT), seguindo a lógica dos 5 passos de melhoria da restrição propostos pela TOC, que possibilita definir com clareza a seqüência lógica das melhorias que precisam ser realizadas pela empresa. As melhorias físicas referem-se ao aumento de eficiência, redução nos tempos de preparação de máquinas, a redução de tempos de processamento (tempos de ciclo dos gargalos), entre outras ações que impactam na capacidade fabril instalada.

São os seguintes os passos do método de gestão de melhorias físicas na fábrica:

1. Seguir os passos do Método de Identificação da Restrição;
2. Identificar os recursos críticos;
3. Analisar as causas de perda de eficiência dos recursos críticos através da análise do IROG (Índice de Rendimento Operacional Global) dos equipamentos críticos, o que necessita da montagem de um banco de dados com a acuracidade necessária;
4. Avaliar se há perdas de eficiência por problemas gerenciais, com causas externas aos recursos produtivos, e, que possam estar impactando na eficiência média utilizada apesar de não refletir a normalidade da fábrica.
5. Corrigir a eficiência operacional dos recursos críticos desconsiderando problemas gerados por problemas do tipo: falta de material na máquina; movimentação de pessoas para outros postos de trabalho, etc. São ocorrências que tenderão a ser eliminadas caso o recurso seja gerenciado como uma restrição o que deve ser considerado quando da utilização do Método de Análise do PMP.
6. Re-avaliar quais são os recursos críticos e classificá-los em Gargalos e CCRs.
7. Buscar, através da formação de grupos multifuncionais, alternativas de melhorias focadas no gargalo¹¹. Algumas alternativas possíveis são:
 - a. Analisar, através do gráfico de Pareto de Paradas de Máquinas, quais são as principais causas de perda de eficiência e atuar, pelo menos, nas três principais (FALCONI, 2009);
 - b. Revisar os tempos médios de *setup* (tempos de preparação) – problemas referentes a causas especiais e a causas comuns. Atuar na redução do *setup* especialmente nos recursos restritivos;
 - c. Buscar alternativas de redução de tempos de processamento (tempos de ciclo) da restrição (Antunes, 1999; Antunes, 2008);

¹¹ Na estrutura de dados da Ferramenta CxD é possível identificar os fatores que impactam a capacidade e a demanda (exemplos: tempo de processamento, eficiência média, tempo programado, etc.). Uma análise desses dados diretamente justifica-se pois num único banco de dados concentra-se informações de toda a empresa no que refere-se a capacidade. A comparação de parâmetros entre áreas, recursos e itens, num processo de *benchmarking* interno pode mostrar as alternativas que tende a passar despercebidas pelo time de trabalho.

- d. Buscar alternativas de redução de peças defeituosas geradas ou identificadas após a restrição. Peças defeituosas que passam pelo gargalo ocupam o recurso e não geram receita;
 - e. Buscar alternativas de garantir a disponibilidade dos equipamentos no que se refere a problemas de manutenção.
8. Simular impacto na capacidade e demanda referente às alternativas/cenários propostos.
 9. Avaliar as diferentes alternativas/cenários quanto ao retorno sobre investimento, e, priorizar as ações que atuam no gargalo e que são de maior rapidez de implantação.
 10. Definir metas de melhorias e divulgá-las no sistema de produção (por exemplo, adotar a idéia de eficiência meta.)
 11. Formalizar as ações de melhorias na estratégia de produção da empresa.

A análise das melhorias físicas e de informação da fábrica precisa ser realizada com frequência mensal ou trimestral, mesmo que as ações não sejam concluídas nesse intervalo de tempo. A noção da revisão frequente tende a assegurar que o foco das ações previstas possa ser efetivada. É preciso considerar que, após a implantação de ações de aumento de capacidade previstas na Estratégia de Produção, podem ocorrer modificações nos recursos que restringem o sistema de produção. Sugere-se a manutenção da equipe nas análises permanentes na empresa de modo que a experiência e maior conhecimento acumulados facilitem o processo decisório.

4.1.2.4 Método de Gestão Estratégica de Longo Prazo - Análise de Investimento

O Método para planejamento da capacidade de médio e longo prazo necessita de um diálogo com aspectos ligados a análise de investimentos uma vez construídos os diferentes cenários passíveis de serem adotados nas estratégias de produção formuladas.

A análise de investimento a partir de cenários visa contribuir para a avaliação do retorno sobre investimento. Trata-se da construção de modelos simples que visam facilitar o

entendimento de todos os envolvidos sobre as alternativas disponíveis colaborando, assim, para a qualificação do processo de tomada de decisão. Com a Ferramenta CXD é possível formar diferentes cenários e simular os resultados alcançados. Simulações com relação a variações de demandas futuras, em termos de volume ou *mix*, podem dar uma idéia ao gestor de qual estratégia formar para atender os objetivos da organização a partir de uma perspectiva que trata, simultaneamente, os aspectos técnicos e econômico-financeiros da questão (por exemplo: i) o aumento de eficiência em 5% na restrição pode trazer ganhos de tal monta para a empresa de modo a possibilitar os investimentos necessários; ii) ou, ainda, o investimento em aumento de eficiência pode ser comparado com o investimento de aquisição de um novo equipamento para definir a opção mais adequada, de maior ganho, da empresa).

Os passos de avaliação de investimentos devem considerar alguns aspectos relevantes, a saber:

- i. Grau de utilização dos ativos da empresa: o Índice de Rendimento Operacional Global do Equipamento (IROG) é um indicador importante sobre o nível de utilização dos ativos da empresa. Antes de pensar na realização de novos investimentos é necessário considerar se os níveis de utilização dos recursos já terem atingido um patamar adequado. Considera-se, de um ponto-de-vista muito geral, o índice de 85% um nível elevado de eficiência que pode ser definido como eficiência meta (NAKAJIMA, 1989). No entanto, uma avaliação realizada pelos profissionais de engenharia das empresas para cada um dos equipamentos envolvidos pode levar a metas mais adequadas e cientificamente determinadas (por exemplo: uma eficiência de 85% em uma prensa de uma estamperia que produz pequenos lotes de produção e uma grande variedade de produtos é um valor muito difícil de ser atendido. Já em um robô que produz uma única peça o valor de 85% pode ser considerado baixo).
- ii. Tendência de crescimento de mercado no longo prazo: muitas vezes o grau de dificuldade de implantação de algumas melhorias nas operações e recursos atuais se estende por longos períodos de execução e envolve muitas pessoas da organização. Nesse contexto, pode-se avaliar o grau de urgência da ampliação de capacidade e a tendência da demanda no longo prazo. Em períodos de

crescimento de mercado o investimento em máquinas novas pode ser mais ágil e sua utilização será garantida no médio e longo prazo.

- iii. Censo de oportunidade: avalia-se que uma oportunidade de ampliação de mercado deve ser aproveitada por duas razões: i) avalia-se o próprio crescimento da empresa ampliando sua receita e seu lucro; ii) refere-se ao fato de que no caso da empresa não aproveitar a oportunidade outra empresa poderá fazê-lo. Ou seja, a empresa pode, não só deixar de crescer, como também proporcionar a oportunidade para que a concorrente amplie a sua fatia de mercado (*market-share*).
- iv. Alguns investimentos são justificados por outras razões diferentes da capacidade, como por exemplo, flexibilidade de produtos, maior qualidade, adequação de fluxo de produção e *layout*, redução de risco de perda de produção quando grande parte da produção passa por um único recurso, e, inovação de processo ou compra de tecnologia. No entanto, investimentos em recursos pelos motivos citados impactam, também, em capacidade modificando a relação de capacidade e demanda existentes na empresa.

Os passos para operacionalizar o Método de Gestão Estratégica de Longo prazo estão explicitados a seguir:

1. Seguir os passos do Método de Identificação da Restrição e de dimensionamento da capacidade;
2. Identificar as macro-alternativas de ampliação de capacidade do gargalo e dos recursos críticos. Importante que haja alternativas de ampliação de capacidade para todos os recursos cuja capacidade seja menor que o cenário de demanda estudado;
3. De modo geral as alternativas possíveis são: aumento da eficiência global dos recursos; redução no tempo de processamento; alterações no tempo calendário; aumento do quadro funcional; aquisição de máquinas novas; reserva de capacidade por estoque de produto acabado; etc.
4. Testar cada um dos cenários na Ferramenta CXD e dimensionar as alternativas quanto ao grau de aplicação, custo de execução e retorno obtido.

5. Comparar as alternativas e definir a melhor delas em termos de atendimento a demanda proposta e menor investimento e/ou custo de aplicação, e, maior alinhamento com as macro-estratégias da empresa;
6. Incluir as decisões, tomadas nesse nível, na estratégia de produção da unidade de negócio e formalizadas junto à organização.

Deve-se considerar que para um cenário de crescimento de demanda a análise de ampliação da capacidade pode não desejar selecionar uma única opção de investimento. A análise trabalharia no sentido de elencar o nível de prioridade de cada alternativa. Nesse sentido todas as alternativas com *payback* favorável poderiam ser implantadas considerando fatores como: facilidade de implantação, tempo de implantação e adequação ao cenário de demanda. Naturalmente pode haver diversas ações simultâneas de ampliação de capacidade em diferentes frentes de trabalho, como por exemplo, investimentos em aquisição de equipamentos e em aumento de eficiência nos equipamentos atuais.

Deve-se considerar a possibilidade de, através de critérios técnicos ou políticos, escolher qual recurso terá a menor capacidade no conceito de fábrica projetada para o futuro.

A análise de investimento deve ocorrer sempre que se fizer necessário ampliar a capacidade através de investimentos com maior impacto financeiro. Ao realizar nas empresas os planos anuais de investimentos o Método de Gestão Estratégica de Longo Prazo tem sua forma mais relevante de aplicação.

4.1.3 Considerações Finais

A atuação das estratégias nos âmbitos de curto, médio e longo prazo, está relacionada com a efetividade do método. A análise pura e simples da relação capacidade e demanda não é suficiente para levar uma organização a ampliar sua capacidade com baixos custos e investimentos. Um ponto a destacar é a necessidade de envolver as pessoas da organização neste processo de modelagem e, principalmente, de tomada de decisão. Idealmente, a análise dos resultados deve ser realizada utilizando de times multifuncionais que necessitam buscar,

de forma crítica e consensual, estabelecer as estratégias da fábrica no que tange as questões propostas.

Outro fator relevante a aplicação do método de trabalho refere-se à capacidade de análise dos analistas e gestores quanto ao tema capacidade fabril. Na mesma medida que é desejável envolver todas as áreas ligadas à produção no processo decisório, é importante também, que aqueles que estiverem na posição de definir os planos de investimento tenham o conhecimento suficiente para análise mais eficaz possível das informações que se apresentam. Nesse sentido, a empresa que desejar estruturar a implantação da Ferramenta CXD deve garantir a capacitação dos funcionários envolvidos com as ferramentas, métodos e o processo de tomada de decisão.

Os métodos de tomadas de decisão sem dúvida não são capazes de atender a todo tipo de especificidade das empresas. No entanto, seu objetivo principal é de nortear as empresas na tarefa de tomar decisões embasadas cientificamente. A abordagem científica, construídas com modelos teoricamente consistentes e com base em dados confiáveis permite discutir e revisar os resultados obtidos pode substituir, e em alguns casos complementar, uma abordagem de cunho meramente intuitivo e ‘prático’.

4.2 APLICAÇÃO DOS MÉTODOS EM TRÊS CASOS REAIS

4.2.1 Descrição do Objeto do Trabalho

A primeira parte do desenvolvimento dessa pesquisa procura mostrar a aplicação dos Métodos de Tomadas de Decisão em um caso real em empresa de médio porte, do ramo metal mecânico, situada no sul do Brasil. Conjuntamente são mostrados os Métodos parciais de Identificação da Restrição, e, os Métodos de Gestão de Melhorias, Análises de Investimento e de Análise do Plano Mestre de Produção. Ressalta-se que os Estudos de Caso I, II e III, abaixo descritos, ocorreram anteriormente à formalização do método sendo sua análise

recuperada através de arquivos informatizados e reestruturada para apresentação em modelo similar ao proposto por essa pesquisa.

O Quadro 14 mostra resumidamente os casos apresentados.

Casos:	Método de Decisão Foco do Caso:	Característica da Unidade de Negócio
Estudo de Caso I	Método de Gestão de Rotinas - Análise de PMP	U.N. de médio porte, em processo inicial de análise de restrição e análise de plano mestre de produção.
Estudo de Caso II	Método de Gestão de Melhorias	Projeto de aumento de capacidade em Célula de Manufatura de pequeno porte.
Estudo de Caso III	Método de Gestão Estratégica de Longo Prazo - Análise de Investimentos	U.N. de grande porte em análise de investimento para atender demanda futura buscando formular o Plano Estratégico de crescimento para os próximos 2 anos.

Quadro 14: Resumo dos 3 casos apresentados

A estratégia de produção da empresa pesquisada busca um maior nível de utilização dos ativos existentes na organização. Nesse sentido os três casos apresentados mostram uma forte preocupação na melhoria das eficiências globais dos recursos e na avaliação de investimentos.

4.2.1.1 Caracterização da Organização, Objeto de Estudo

O Estudo de caso se dá em indústria metal mecânica, com cerca de 55 anos de existência. A empresa pesquisada apresenta um longo histórico voltado à qualidade de seus produtos e processos, atualmente é certificada pela Organização Internacional para Normalização Gestão da Qualidade (ISO 9001); Organização Internacional para Normalização Gestão Ambiental (ISO 14001) e Organização Internacional para Normalização Requisitos Específicos para Atendimento a Montadoras (ISO/TS 16949). Também participa do Programa Nacional da Qualidade – PNQ utilizando esse modelo como direcionador de seu modelo de gestão, no qual já foi vencedora do Prêmio Nacional da Qualidade.

Empresa de origem e capital nacional possui três plantas industriais localizadas no Brasil, EUA, e, China. A planta brasileira, objeto dessa pesquisa, possui estrutura fabril dividida em cinco unidades de negócio do segmento de autopeças, produzindo uma cartela de produtos com cerca de onze mil itens. Possui modelo de sistema de produção próprio conceitualmente embasado no Modelo de Produção Enxuto e na Teoria das Restrições.

Em termos de mercado, a empresa pesquisada, é líder de seu segmento no mercado interno, e, exporta cerca de 40% de sua produção para mais de 80 países. Atualmente conta com cerca de 2.500 funcionários.

4.2.2 Estudo de Caso I – Ilustração do Método de Gestão de Rotinas - Análise do PMP

4.2.2.1 Considerações Iniciais

Para fins de compreensão dos métodos descritos será apresentado a seguir um estudo de caso prático, com dados referentes ao período de 2007. No caso pode-se identificar os passos de estruturação da Ferramenta CXD e a análise e identificação da restrição da produção. Ainda, são discutidos minimamente as alternativas de ampliação da capacidade no curto, médio e longo prazo.

4.2.2.2 Levantamento de Dados

O caso analisado refere-se a uma Unidade de Negócio de uma empresa do ramo metal mecânica com demanda mensal futura de cerca de 550 mil peças, com aproximadamente 82 diferentes itens (*part numbers*). São utilizados 44 diferentes grupos de máquinas, totalizando 54 equipamentos ou postos de trabalho. De acordo com os roteiros de fabricação cada item passa em média por 15 recursos produtivos ao longo de seu processo de fabricação. O Quadro 15 mostra a estrutura esquemática resumida da Planilha Demanda por Item.

CODIGODO ÍTEM	DESCRICAÇÃO DO ÍTEM	UNIDADE	DEMANDA
1001	N1	Peças	1.426
1002	N2	Peças	1.441
1003	N3	Peças	1.411
1004	N4	Peças	1.441
1005	N5	Peças	3.782
1006	N6	Peças	1.986
1007	N7	Peças	389
1008	N9	Peças	11.834
...
1082	N82	Peças	49.499

Quadro 15: Estrutura esquemática da Planilha CXD por Item

O Quadro 16 mostra a estrutura esquemática resumida da planilha tempo de processamento (tempos de ciclo) por item de acordo com o roteiro de fabricação. Os tempos de processamentos (tempos de ciclo) estão alocados nos recursos conforme o roteiro de fabricação. Se em um dado recurso o tempo é zero para um item específico significa que este item não passa naquele recurso, e assim sucessivamente. As unidades utilizadas são de horas necessárias por unidade demandada.

CODIGODO ÍTEM	DESCRICAÇÃO DO ÍTEM	RECURSOS								
		REC1	REC2	REC3	REC4	REC5	REC6	REC7	...	REC52
1001	N1	0,2703	0	0	0,2703	0	0	0	...	0,1193
1002	N2	0,2703	0	0	0,2703	0	0	0	...	0,1193
1003	N3	0,1006	0	0	0,1697	0	0	0	...	0,1193
1004	N4	0,2703	0	0	0,2703	0	0	0	...	0,1193
1005	N5	0	0	0	0	0,0807	0	0	...	0,0608
1006	N6	0	0	0	0	0,0807	0	0	...	0,0608
1007	N7	0	0	0,2492	0,4809	0	0	0	...	0,1404
1008	N9	0,0772	0	0	0	0	0	0	...	0,0608
...
1082	N82	0,0772	0	0	0	0	0	0	...	0,0608

Quadro 16: Estrutura esquemática resumida da Planilha de Tempos de Processamento por Item de acordo com Roteiro de Fabricação

4.2.2.3 Identificação da Restrição

No Quadro 17 é explicitada a estrutura esquemática resumida da Planilha Relação CXD conforme roteiro.

GRUPO DE MÁQUINA			Nº de máq.	Horas (p.dia)	Dias (p.mês)	IROG.	Capacidade (horas)	Demanda (horas)	Diferença (horas)
1	REC1	RECURSO SD	1,0	8,25	21	43%	74	180	-106
2	REC2	RECURSO SD	1,0	23,7	21	25%	125	109	16
5	REC5	RECURSO SD	1,0	23,7	21	44%	218	259	-41
6	REC6	RECURSO SD	1,0	23,7	21	39%	193	121	72
9	REC9	RECURSO SH	1,0	23,7	21	46%	229	549	-320
10	REC10	RECURSO SH	1,0	23,7	21	45%	224	44	180
29	REC29	RECURSO VN	2,0	23,7	21	65%	650	434	216
33	REC33	RECURSO PC	2,0	23,7	21	32%	321	292	29
34	REC34	RECURSO PR	1,0	23,7	21	50%	249	38	211
38	REC38	RECURSO TC	3,0	23,7	21	81%	1215	1554	-339
42	REC42	RECURSO ED	1,0	23,7	21	51%	253	5	248
44	REC44	RECURSO RT	2,0	23,7	21	42%	418	371	48
52	REC52	RECURSO EM	3,0	23,7	21	50%	747	451	295

Quadro 17: Estrutura esquemática resumida da Planilha CXD – Estudo de Caso I

As informações do Quadro 17 são resultantes das informações dos Quadros 15 e 16. Em uma primeira análise, a planilha CXD mostra que existem recursos cuja demanda excede a capacidade de produção do recurso (REC1 – Recurso SD; REC5 - Recurso SD; REC9 – Recurso SH; e, REC38 – Recurso TC). Poder-se-ia definir esses recursos como restrições da produção. Visando efetivar a análise do Plano Mestre de Produção de curto prazo, essa análise segue conforme método.

O Recurso SD - REC1 não possui capacidade suficiente para atender a demanda. No entanto, o período disponível atual do equipamento é de um turno. O acréscimo de capacidade neste recurso pode ser obtido via a contratação de pessoas para acionar esse recurso em outros turnos. Considerando três turnos de trabalho (23,7 horas/dia) a capacidade desse recurso é de 214 horas (superior a demanda de 180 horas). Assim, o recurso REC1 não pode ser considerado gargalo no médio ou longo prazo. No entanto, é um recurso crítico, na medida em que, se não forem executadas ações de contenção, certamente ele não será capaz de atender a demanda.

O recurso REC5 não possui capacidade suficiente para atender a demanda. É importante considerar que todos os Recursos SD (REC1; REC2; REC5; e, REC6), são equipamentos que executam a mesma operação (soldar). O motivo pelo qual os equipamentos de solda não estão agrupados num único grupo de máquinas na Ferramenta CXD é que eles estão preparados para produzir peças de diferentes dimensões, não sendo totalmente flexíveis.

Os tempos de troca de ferramentas são elevados (200 minutos em média) o que leva a gestão de fábrica e a área de PCP a evitarem trocas frequentes de itens. No entanto, há alguns itens que podem ser processados tanto nos equipamentos REC5 e REC6, sem necessidade de alterações construtivas do equipamento ou ferramental. Assim, é possível reprogramar os itens do recurso REC5 para o REC6. Essa ação reduz a necessidade de aumentar a capacidade do Recurso REC5. No entanto, o excedente de capacidade não é considerado grande o bastante para desconsiderar a criticidade do recurso. Levando em conta que os recursos de solda (Recurso SD) são CCRs é necessário formalizar ações estratégicas de médio prazo, a saber: i) redução do tempo de preparação (utilização da metodologia da Troca Rápida de Ferramentas - TRF); ii) flexibilização dos equipamentos de solda, via alterações no equipamento, de modo a utilizar melhor a capacidade de todos os recursos.

A falta de capacidade do recurso SH, REC9, alerta para um gargalo real do sistema. Os recursos REC9 e REC10 são idênticos, sendo possível considerá-los como um grupo único de máquinas, pois tem flexibilidade de fazer peças de diferentes dimensões (salvo exceções que tem baixa representatividade em termos do volume total). Assim, analisando de forma agregada os recursos SH têm capacidade total 453 horas, para uma eficiência média de 45%, e uma demanda agregada de 593 horas, gerando um déficit de capacidade na ordem de 140 horas. O monitoramento destes recursos através do Método da Gestão do Posto de Trabalho (GPT) aponta para um baixo índice de eficiência neste tipo de equipamento sendo várias as causas dessa ineficiência (ex: anomalias de *setup*, tempos de processamento elevados - em relação ao padrão, falta de peças). Sendo assim, a estratégia a ser adotada para o gargalo (Recursos SH) é de elevar a eficiência global do equipamento – IROG, até o índice mínimo de 60% (índice que iguala a capacidade com a demanda dos recursos SH).

O último recurso crítico a ser analisado é o REC38. Por possuir a maior diferença entre a capacidade e a demanda é classificado como o gargalo do sistema. Esse recurso, um grupo de três equipamentos, possui um elevado índice de eficiência (81%). Neste sentido, ações visando incrementar a eficiência tendem a exigir maiores investimentos para serem implantadas e, ainda, podem levar um tempo considerável para proporcionar o retorno projetado. A estratégia de aumento de capacidade mais adequada nessa operação parece ser o da aquisição de novos equipamentos visando tanto atender a demanda de curto-prazo quanto para prever eventuais acréscimos na demanda no médio/longo prazo tendo em vista a tendência de crescimento de mercado. A análise de investimento extrapola o método de

rotinas, no entanto, muitas vezes em casos reais os métodos integram-se com o fim da formulação da estratégia de produção na sua íntegra. Ainda, outras ações podem ser tomadas no curto prazo, especificamente no gargalo, para atender a demanda de produtos, entre as quais é possível destacar: i) uso do tempo calendário, não interrompendo a produção no intervalo de refeições; e, ii) realização de um dia de horas-extras por mês. De outra parte, a aquisição de equipamentos deve ser avaliada quanto ao retorno sobre o investimento. Para isso, de acordo com as diretrizes da empresa pesquisada, é considerado o aumento de margem de contribuição propiciado a empresa com a ampliação da capacidade, quando comparado ao investimento necessário.

4.2.3 Estudo de Caso II – Método de Gestão de Melhorias

4.2.3.1 Considerações Iniciais

Para a mesma empresa pesquisada, e, com o intuito de ampliar conhecimento referente ao uso da metodologia, o segundo Estudo de Caso ora apresentado, refere-se à aplicação de melhorias físicas e de informação na fábrica, especificamente em uma célula de manufatura de peças automotivas. Os lotes de fabricação são da ordem de 5.000 peças e a produção se alterna entre dois itens, tratados aqui genericamente por item A e B.

O lote de transferência interno da célula é de 40 peças, regulado pela quantidade necessária para completar uma carga do Recurso R2. A célula de manufatura analisada produz componentes que serão montados em células de montagem posteriores. A célula de manufatura possui 5 equipamentos divididos em quatro grupos de máquina conforme mostra o Quadro 18.

4.2.3.2 Identificação da Restrição

O primeiro passo é de identificação da restrição. Para isso é utilizada a Ferramenta CXD a partir das informações fornecidas pelo sistema ERP (grupos de máquinas, tempos de

processamento/ciclo e roteiro de fabricação). São utilizadas, ainda as informações relativas à eficiência de cada recurso¹² e a demanda do período que se deseja analisar conforme dados fornecidos pela área de Vendas e PCP da empresa.

Célula de manufatura							
Recursos:	Nº máquinas	Horas p. dia	Dias p. mês	IROG	Capacidade (horas)	Demanda (horas)	Diferença (horas)
Recurso R1	2	22	21	55%	508	503	+5
Recurso R2	1	22	21	67%	309	322	-12
Recurso R3	1	22	21	45%	208	88	+120
Recurso R4	1	22	21	45%	208	80	+128

Quadro 18: Estrutura esquemática resumida da Planilha CXD – Estudo de Caso II

Nesse caso, a Ferramenta CXD ajuda a identificar o recurso gargalo do sistema, Recurso R2, visto que apresenta a maior diferença, negativa, entre a demanda do mercado e a capacidade do recurso.

4.2.3.3 Análise de Melhorias

Uma vez identificada a restrição o passo seguinte consiste em identificar as alternativas de melhorias para elevar a capacidade da célula. A base de dados coletada para calcular a eficiência ajuda na análise do problema. Verifica-se, para o Recurso R2, a eficiência global do recurso e sua composição dividida em: Índice de Tempo Operacional (μ_1); Índice de Performance Operacional (μ_2); e, Índice de Produtos Aprovados (μ_3).

O Quadro 19 apresenta os resultados do recurso restritivo.

¹² Os recursos R3 e R4 não eram monitorados quanto à eficiência, no período de análise, por não serem considerados recursos críticos. Para fins de análise foram utilizadas dados de IROG, dos mesmos recursos, coletados cerca de seis meses antes do período analisado sem impactos para os resultados da análise.

Célula de manufatura				
	μ -global	μ 1	μ 2	μ 3
Recurso 2 – gargalo	67%	75%	90%	99%

Quadro 19: Desdobramento da Eficiência Global do Gargalo

Visto que μ_1 apresenta o maior *gap* entre o valor atual de 65% e o valor máximo possível – 100% parece coerente de ser analisado prioritariamente, com ações de melhorias focalizadas. Segue-se com o detalhamento dos motivos de parada conforme banco de dados coletados em um período de 30 dias e registrados na forma de gráfico de Pareto - Figura 13.

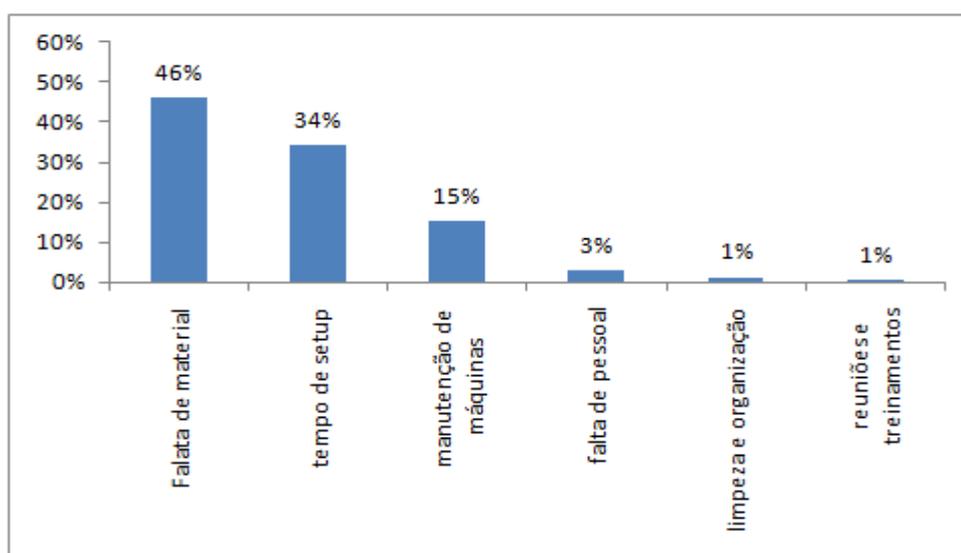


Figura 13: Pareto de paradas do Recurso R2

Através da análise do primeiro motivo de parada – falta de material, verifica-se que, apesar de apresentar maior capacidade em relação à restrição, os recursos que antecedem o gargalo falham no fornecimento para o recurso R2. Isso ocorre devido às variações de eficiência do recurso produtivo (R1) que impactam em algum momento na capacidade do gargalo visto que o *buffer* de peças presente entre as duas operações é mínimo. A proposição de melhoria é de criar um *buffer* de proteção imediatamente antes de R2, para que as variações de eficiência do Recurso R1 sejam amortecidas (adoção da lógica do pulmão proposto pela Teoria das Restrições: lógica do Tambor, Pulmão e Corda - TPC).

Para atuar na causa raiz do problema foram avaliados os motivos de paradas do recurso R1. Verifica-se que a falta de matéria prima é o principal problema (tempo de

reposição média de 02 horas). A solução encontrada foi a implantação da metodologia *Kanban* de fornecimento de matéria prima na entrada da célula de manufatura, ampliando assim o IROG do recurso para 65%.

Voltando ao recurso restritivo, R2, o segundo problema de maior relevância que se apresenta no Gráfico de Pareto é o tempo de *setup*. A célula de manufatura opera com dois itens apenas o que gera, em média, 1 troca de ferramenta por dia. Trabalhos de troca rápida de ferramentas foram conduzidos para redução do tempo de setup médio do gargalo. O resultado obtido foi de redução de 55% no tempo médio de troca no Recurso R2.

Após trabalhos de melhorias realizadas na célula de manufatura e padronização dos procedimentos de trabalho, verificou-se aumento na eficiência do recurso restritivo da ordem de 20% elevando a eficiência global de R2, e conseqüentemente de toda a célula, para 80% o que resulta no aumento de capacidade real da célula de manufatura, como mostra o Quadro 20.

Célula de manufatura							
Recursos:	Nº máquinas	Horas p. dia	Dias p. mês	IROG	Capacidade (horas)	Demanda (horas)	Diferença (horas)
Recurso R1	2	22	21	65%	601	503	+98
Recurso R2	1	22	21	80%	370	322	+48

Quadro 20: Ferramenta CXD referente Caso II após Implementação de Melhorias

Nesse caso, após as melhorias implementadas, a restrição passa a ser o mercado uma vez que a oferta passou a ser maior que a demanda.

4.2.4 Estudo de Caso III – Método de Gestão Estratégica de Longo Prazo

4.2.4.1 Considerações Iniciais

O terceiro estudo de caso, realizado na mesma empresa dos dois casos anteriores, porém, em unidade de negócio diferente, explicita a potencialidade de utilização método de análise em fábricas de maior porte, com maior quantidade de itens no portfólio e quantidade de recursos.

A análise em questão trata da definição de investimento de elevado porte e igualmente passa pelos métodos parciais de identificação da restrição, pelos fatores originalmente tratados no método de gestão de rotinas, e, no método de gestão de melhorias. A partir da análise de investimento formula-se a estratégia de produção considerando a ampliação do negócio.

4.2.4.2 Levantamento de Dados

Na unidade de negócio a ser analisada existe uma previsão de incremento da demanda, nos próximos dois anos, na ordem de 30% na linha de produtos de veículos pesados. A variedade de produtos da linha é de, aproximadamente, 4.000 itens e a produção diária de cerca de 100.000 pç/dia. O aumento de demanda deve gerar para a empresa uma margem de contribuição¹³ anual adicional da ordem de R\$ 2.000.000,00. Nesse contexto a empresa precisa decidir como atender a demanda com o menor investimento possível, com objetivo de otimizar os ganhos gerais do sistema. A unidade fabril pesquisada possui 126 equipamentos dispostos em *layout* por processo, divididos em 21 diferentes grupos de máquinas.

O Quadro 21 mostra, resumidamente, como é apresentada a demanda futura conforme previsão da área de vendas para cada item na unidade de peças por mês.

CODIGODO ÍTEM	DESCRICAÇÃO DO ÍTEM	UNIDADE	DEMANDA
1001	I.1	Peças/Mês	1476
1002	I.2	Peças/Mês	969
1003	I.3	Peças/Mês	157.329
1004	I.4	Peças/Mês	155.150
1005	I.5	Peças/Mês	59.040
1006	I.6	Peças/Mês	48.273
1007	I.7	Peças/Mês	8.750
...

Quadro 21: Previsão de demanda por item

¹³ A Margem de contribuição considerada é o valor que resulta da receita líquida descontada do custo industrial variável e dos custos variáveis de vendas.

O Quadro 22 mostra os principais recursos disponíveis para a fabricação e suas eficiências operacionais médias (IROG/OEE).

GRUPO DE MÁQUINA		QUANTIDADE DE EQUIPAMENTOS	OEE
M1	Misturadores	4	68%
M2	Prensas	46	81%
M3	Estufas	16	95%
M4	Retíficas	10	61%
M5	Furadeiras	20	58%
M6	Embalagem	8	60%

Quadro 22: Número de equipamentos disponíveis e eficiências operacionais (OEE)

O Quadro 23 registra o tempo de processamento de cada item de produção, em peças por hora, nos diferentes recursos de fabricação.

CODIGODO ÍTEM	DESCRICAÇÃO DO ITEM	TEMPO DE CICLO (PEÇAS/HORA)					
		M1	M2	M3	M4	M5	M6
1001	I.1	1000	228	260	1.330	458	1.500
1002	I.2	1250	320	260	1.330	540	1.500
1003	I.3	2800	286	260	1.330	660	1.500
1004	I.4	2800	152	260	1.330	458	1.500
1005	I.5	2800	228	350	1.330	458	1.500
1006	I.6	2000	228	350	1.330	458	1.500
1007	I.7	1250	228	260	1.330	458	1.500
...

Quadro 23: Tempos de processamento por item de acordo com Roteiro de Fabricação

A consolidação dos dados é realizada em planilha de cálculo sendo a capacidade (horas) resultado do produto do número de recursos disponível pelo tempo disponível e pela eficiência de cada recurso. Já a demanda é o valor resultante da multiplicação do tempo de processamento pela quantidade demandada nos recursos.

4.2.4.3 Identificação da Restrição

O Quadro 24 mostra a relação entre a demanda futura oriunda da previsão de vendas e a capacidade atual do sistema produtivo. O resultado pode ser analisado a partir da análise da

última coluna do Quadro 24 (a diferença em horas entre a Capacidade e a Demanda) que representa a defasagem entre a capacidade e a demanda requerida. A partir dessa percepção objetiva é necessário buscar alternativas para equacionar os déficits de capacidade. Propõe-se a formação de diferentes cenários técnico-econômicos para a análise do caso.

GRUPO DE MÁQUINA			Nº de máq.	Horas (p.dia)	Dias (p.mês)	IROG.	Capacidade (horas)	Demanda (horas)	Diferença (horas)
1	M1	Misturadores	4	23,7	21	68%	1.354	1.200	+154
2	M2	Prensas	46	23,7	21	81%	18.544	18.936	-392
3	M3	Estufas	16	23,7	21	95%	7.565	5.896	+1.669
4	M4	Retíficas	10	23,7	21	61%	3036	3.210	-174
5	M5	Furadeiras	20	23,7	21	58%	5.773	6.506	-733
6	M6	Embalagem	8	23,7	21	60%	2.389	2.100	+289

Quadro 24: Relação CXD nas condições atuais de capacidade fabril

A primeira análise desejável está relacionada com a identificação da restrição do sistema. Entre os recursos analisados o M5, é o grupo de máquina que apresenta maior diferença negativa - restrição principal. Outros dois recursos também necessitam de ações de contenção: os recursos M2 e M4.

4.2.4.4 Análise de Investimentos

A seguir serão explicitados diferentes cenários para tratar o problema considerando: (1) utilização de toda a capacidade atual e uso de horas extras; (2) aquisição de novos equipamentos; (3) aumento de eficiência global; (4) redução de tempos de processamento (tempos de ciclo). Para cada cenário são consideradas ações de melhoria para os recursos M2, M4 e M5.

a) Cenário 1: Ações de curto prazo

O primeiro cenário considerado é a utilização da máxima capacidade atual acrescida de horas-extras. A verificação de cenário é importante para verificar uma alternativa possível caso ocorra aumento de demanda antes de concretizar melhorias em termos da capacidade

instalada. Esta alternativa fornece flexibilidade, em relação ao aumento de volume, aos sistemas produtivos tendo em vista a dificuldade de prever com exatidão em que momento ocorrerá o momento da demanda futura e, adicionalmente, a dificuldade objetiva de elevar a capacidade rapidamente. O Quadro 25 explicita qual é a necessidade de horas extras necessárias para atender a previsão de vendas proposta.

GRUPO DE MÁQUINA			Nº de máq.	Horas (p.dia)	Dias (p.mês)	IROG.	Capacidade (horas)	Demanda (horas)	Diferença (horas)
2	M2	Prensas	46	23,7	21,5	81%	18.986	18.936	+50
4	M4	Retíficas	10	23,7	23	61%	3.325	3.210	+115
5	M5	Furadeiras	20	23,7	24	58%	6.598	6.506	+92

Quadro 25: Relação Capacidade Versus Demanda considerando uso de horas extras

Percebe-se que a coluna “Diferença entre Capacidade e Demanda” deve ser sempre positiva visto que o objetivo é de elevar a restrição até que se tenha capacidade de atender a Demanda proposta. Na análise do cenário 01 são necessários 03 (três) dias completos de produção a mais no recurso M5 para atender ao aumento de demanda, 2 dias no recurso M4 e 12 horas no recurso M2.

Considerando a quantidade de horas extras necessárias para atender a demanda e a quantidade de pessoas envolvidas, o Quadro 26 apresenta o custo para realização da quantidade de peças que excede a capacidade.

GRUPO DE MÁQUINA	Quantidade Total de horas extras/mês	Custo com horas extras/mês	Custo com horas extras/ano
M2	616	R\$ 6.435,00	R\$ 77.220,00
M4	1.896	R\$19.806,00	R\$ 237.672,00
M5	474	R\$4.951,00	R\$ 59.412,00

Quadro 26: Levantamento de custos para realização de horas extras

Na análise do acréscimo da capacidade através de horas extras não foram considerados os custos com transporte, alimentação e outros benefícios disponibilizados aos trabalhadores. Também, dado que se trata de leiaute fabril por processo, considera-se que os recursos podem atuar independentes um dos outros na medida em que os estoques intermediários permitem

seu consumo, ao longo do tempo, pelos recursos que não necessitam de horas extras, ao longo da jornada normal de trabalho.

b) Cenário 2: Ações de Médio Prazo

Outro cenário possível está relacionado com o aumento do IROG/OEE. O Quadro 27 mostra a Análise CXD identificando a eficiência mínima necessária para atender a demanda.

GRUPO DE MÁQUINA			Nº de máq.	Horas (p.dia)	Dias (p.mês)	IROG.	Capacidade (horas)	Demanda (horas)	Diferença (horas)
2	M2	Prensas	46	23,7	21	83%	19.002	18.936	+66
4	M4	Retíficas	10	23,7	21	65%	3.235	3.210	+25
5	M5	Furadeiras	20	23,7	21	66%	6.570	6.506	+64

Quadro 27: Relação CXD considerando aumento de eficiência global

O aumento de capacidade via aumento da eficiência global dos equipamentos permite a melhor utilização dos ativos atuais da empresa. No caso estudado estima-se que a melhoria na eficiência será obtida a partir de investimentos em melhorias de *setup* de equipamentos na ordem de seiscentos e cinquenta mil reais (R\$ 650.000,00) – Quadro 28.

GRUPO DE MÁQUINA		Quantidade de equipamentos	Ação	Investimento total por equipamento
M2	Prensas	46	Equipamentos específicos para troca de ferramenta	R\$350.000,00
M4	Retíficas	10	Carros e ferramentas para preparação de <i>setup</i>	R\$132.000,00
M5	Furadeiras	20	Revisão de dispositivos e ferramentas	R\$161.000,00

Quadro 28: Investimentos necessários em redução de tempos de *setup*

c) Cenário 3: Ações de longo prazo

Outra estratégia possível para aumento de capacidade poderia ser a aquisição de novos equipamentos. A metodologia de análise Capacidade versus Demanda auxilia na definição do número de equipamentos necessários, como mostra o Quadro 29.

	GRUPO DE MÁQUINA		Nº de máq.	Horas (p.dia)	Dias (p.mês)	IROG.	Capacidade (horas)	Demanda (horas)	Diferença (horas)
2	M2	Prensas	47	23,7	21	81%	18.947	18.936	+11
4	M4	Retíficas	11	23,7	21	61%	3.340	3.210	+130
5	M5	Furadeiras	23	23,7	21	58%	6.639	6.506	+133

Quadro 29: Relação CXD considerando aquisição de novos equipamentos

Investimentos em mais equipamentos é uma opção especialmente importante nos casos em que as máquinas existentes já atingiram elevados índices de eficiência. O Quadro 29 mostra a necessidade de aquisição de novos equipamentos nos recursos M2, M4 e M5. Considerando essa estratégia a planilha de Capacidade versus Demanda considerada para o cenário 02, propõe investimento na ordem de 3 milhões de reais em aquisição de novos equipamentos - Quadro 30.

GRUPO DE MÁQUINA		Quantidade de Novos equipamentos	Valor por equipamento	Investimento total por grupo de máquina
M2	Prensas	1	R\$800.000,00	R\$800.000,00
M4	Retíficas	1	R\$400.000,00	R\$400.000,00
M5	Furadeiras	3	R\$600.000,00	R\$1.800.000,00

Quadro 30: Investimentos necessários em novos equipamentos

Com a aquisição de equipamentos há necessidade também de contratação de funcionários para operá-las. Considerando o número de pessoas necessárias para atender a demanda resulta num acréscimo anual de despesas operacionais de, aproximadamente, R\$320.000,00.

d) Cenário 4: Ações de Médio e Longo Prazo

O último cenário é formado por alterações simultâneas de eficiência e de tempos de processamento. Partindo da análise do cenário 2 é possível perceber que o aumento de eficiência em recursos que já possuem índice elevado de utilização pode ser dispendioso. É o caso do recurso M2, grupo de máquinas de prensas, que possui eficiência atual de 81%, sendo desejável um incremento do IROG para 83%. Neste sentido, uma alternativa possível é investir na redução do tempo de processamento através de alterações de processo e do método de trabalho. Estudos anteriores na empresa pesquisada permitem estimar a redução de tempo

de ciclo/processamento em 2% no recurso M2. O Quadro 31 mostra o resultado obtido, caso essa ação fosse efetivada em conjunto com as ações propostas no cenário 2 de aumento de eficiência para os recursos M4 e M5.

GRUPO DE MÁQUINA			Nº de máq.	Horas (p.dia)	Dias (p.mês)	IROG.	Capacidade (horas)	Demanda (horas)	Diferença (horas)
2	M2	Prensas	46	23,7	21	81%	18.544	17.989	+555
4	M4	Retíficas	10	23,7	21	65%	3.235	3.210	+25
5	M5	Furadeiras	20	23,7	21	66%	6.570	6.506	+64

Quadro 31: Relação CXD considerando aumento de eficiência global

Neste cenário é possível perceber que a capacidade permanece a mesma para o recurso M2. No entanto, a demanda em horas reduziu significativamente, em função da efetivação de melhorias visando reduzir o tempo de ciclo dos produtos que passam neste recurso. No caso estudado a alteração de tempo de processamento/ciclo necessitará investimentos associados a: i) atuação dos engenheiros de processo e de aplicação; ii) testes de alteração de processo; iii) testes em laboratório para aprovação de novo processo; iv) negociações com o cliente. Os investimentos na alteração de processo no recurso M2, não somam mais que cinquenta mil reais (R\$50.000,00). Já os investimentos em melhorias de eficiência dos recursos M4 e M5, juntas somam duzentos e noventa e três mil reais (R\$293.000,00). Portanto, no Cenário 4 o investimento necessário seria de aproximadamente R\$343.000,00.

4.2.4.4.1 Resumo dos Investimentos Simulados no Estudo de caso

O Quadro 32 mostra um comparativo entre os cenários propostos. São apresentados os valores investidos para cada opção, sendo o retorno esperado de R\$ 2.000.000,00 em aumento de margem de contribuição global oriundas do crescimento das vendas. O cálculo do *payback* anual, considerando o tempo necessário para obter o ganho equivalente ao investimento, permite avaliar o tempo necessário para recuperar o investimento despendido. Por exemplo, se o valor investido em aquisição de novos equipamentos for de R\$ 3.000.000,00 somados a R\$320.000,00 referente ao acréscimo de despesas com mão-de-obra, conforme estudo de caso, e, considerando retorno de margem de contribuição total de R\$ 2.000.000,00 por ano, o *payback* será de 1,66 anos ou 20 meses. O intervalo de tempo necessário para implementação da alternativa também deve ser analisada no processo de tomada de decisão da estratégia a ser

seguida pela empresa. Ainda, tempos de implementação mais rápidos pode ser necessário para garantir o atendimento a demanda momentânea de mercado.

Cenários	Despesas Operacionais	Investimento	Tempo de implementação	Payback
Cenário 1: Horas Extras	R\$374.304,00	-	Imediato	-
Cenário 3: Aumento de Eficiência	-	R\$650.000,00	3 - 12 meses	4 meses
Cenário 3: Aquisição de Equipamentos	320.000,00	R\$3.000.000,00	6 - 8 meses	20 meses
Cenário 4: Redução do tempo de ciclo e Aumento de Eficiência	-	R\$343.000,00	3 - 12 meses	2 meses

Quadro 32: Comparativo entre os cenários propostos

Considerando a possibilidade de aumentar as eficiências das restrições os gestores da empresa optaram, na situação real, por efetivar ações de melhorias nas eficiências dos equipamentos M4 e M5. Simultaneamente agiram no sentido de reduzir o tempo de ciclo do recurso M2. Na estratégia de produção adotada foi prevista, também, a possibilidade de realizar horas extras no caso de se tornar necessário responder com rapidez eventuais incrementos abruptos da demanda. De forma geral, parece possível afirmar que, uma vez estudado os cenários através da Ferramenta CXD a estratégia de produção adotada pode considerar combinações de ações de melhorias envolvendo, por exemplo: i) uma combinação de ações no curto e médio prazo (ex: atender eventuais aumentos abruptos de demanda adotando as ações previstas no cenário 1 e, simultaneamente, tratar os temas de melhorias do uso dos ativos (cenários 2 e 4); ii) uma combinação de ações com foco na melhoria do sistema como um todo (adoção do cenário 4). Aparentemente, o Cenário 3 deve ser pensado, uma vez esgotada as alternativas propostas nos cenários 2 e 4. A conclusão que sintetiza este estudo de caso é que a compreensão ampla dos cenários, passível de ser feita através da adoção do método proposto, permite melhorar a eficácia da tomada de decisão tendo como base uma visão plural das ações passíveis de serem executadas em cada caso particular.

4.2.5 Considerações Finais

Os três estudos de casos apresentados tiveram o intuito de aproximar os aspectos teóricos e práticos (base empírica do trabalho) tanto do prisma da ilustração dos aspectos

teóricos envolvidos (proporcionar um visão ampla da aplicação dos métodos e da ferramenta proposta) como de uma análise crítica dos problemas reais enfrentados pelas empresas (gerar comparações entre as proposições teóricas e o contexto da vida real).

Analisando os métodos de tomada de decisões, a análise da restrição cumpre um papel essencial e centrar no processo. Por exemplo, se for considerada uma análise de melhorias tendo como base a realização de investimentos e ações de médio e longo prazo, sendo o objetivo da utilização do método alocar recursos (pessoas e capital) para ampliar a capacidade média da fábrica, então as restrições necessitam ser consideradas a partir da solução de problemas estruturais que, normalmente, não são possíveis de serem solucionados com uma ótica de curto prazo. Portanto, nesta situação a identificação da(s) restrição(ões) precisa ser considerada de forma ampla e sistêmica passando por uma análise das potencialidades de melhorias a serem efetivadas. Uma abordagem considerando vários cenários parece ser muito útil neste sentido, o que permite utilizar conjuntamente soluções de curto, médio e longo prazo (O Caso 3 ilustra esta situação).

Já para o Método de Gestão de Rotinas – Análise de Plano Mestre de Produção, com ações de curto prazo, a identificação de um único recurso gargalo pode não ser, também, suficiente. É preciso considerar o conjunto de recursos críticos para que a decisão possa ser efetivada com a eficácia necessária. Além de tratar do gargalo propriamente dito, torna-se necessário considerar outros recursos críticos (os chamados CCRs) que possuem capacidades próximas da demanda a eles designadas. Neste caso, estes recursos devem, também, ser monitorados adotando ações de contenção visando atender aos pedidos no período de tempo considerado. Isso ocorre porque num período curto de produção, uma semana, por exemplo, a média de eficiência pode não ser válida, dado que mudanças significativas podem ocorrer devido a quebras de máquina ou outras interferências que quebram a ‘normalidade’ prevista para o funcionamento do sistema produtivo.

Resumidamente no curto prazo a identificação de todos os recursos críticos é mais relevante que a identificação de uma única restrição no sentido de gerar as necessárias ações de contenção para que o sistema de produção responda as necessidades do planejamento. Já no longo prazo a identificação da restrição precisa ser feita de forma muito criteriosa na medida em que recursos de maior monta serão alocados de maneira focada em alguns poucos equipamentos.

Em geral, tanto a aplicação da Ferramenta CXD quanto dos Métodos de Tomada de Decisão propostos tendem a exigir um adequado conhecimento empírico do sistema produtivo que está especificamente sendo analisado, de forma adicional aos conhecimentos dos conceitos associados à engenharia de produção. As decisões tomadas pelas empresas são difíceis de serem questionadas e compreendidas se desacompanhadas do contexto na qual foram discutidas. As particularidades das empresas (e mesmo das Unidades de Negócio de uma mesma empresa), muitas vezes transmitidas pela sua cultura e suas políticas, definirão o grau de aplicação e refinamento dos métodos de tomada de decisão. Isto implica em questões como: i) acuracidade dos dados que alimentam o modelo (demandas, tempos e roteiros, eficiência dos equipamentos); ii) eficácia nos modelos de CXD propostos (por exemplo: visualização de roteiros e recursos alternativos, definição dos grupos de máquinas a serem considerados, etc.); iii) disponibilidade de uma equipe interdisciplinar de trabalho que permita melhorar, qualitativamente, o processo de tomada de decisão.

Outro ponto a ressaltar é que os casos estudados tendem a mostrar que a aplicação prática da Ferramenta CXD, em diferentes processos decisórios aparenta ter uma vantagem significativa no que tange ao processo de sistematização das análises que, usualmente, são realizadas pelas empresas de modo informal e com base científica questionável. Ainda, os métodos propostos tendem a cumprir um papel relevante no que tange à comunicação entre os diferentes atores envolvidos auxiliando, assim, na disseminação do conhecimento e na democratização das decisões tomadas nos sistemas de produção. Isto porque os gestores passam a ter um entendimento mais amplo da totalidade do problema da CXD e seus desdobramentos decisórios o que tende a contribuir de forma positiva para a elaboração e implantação das decisões estratégicas conectada com a questão da Capacidade e Demanda.

Por fim, e não menos importante, os casos ora apresentados permitem analisar que a aplicação direta dos métodos e ferramentas propostas podem não estar ligados sistêmica e sistematicamente ao dia-a-dia das Organizações Industriais aqui estudadas. Os métodos são aplicados em contextos específicos e, portanto, questões de cunho técnico e sociais tendem a se sobrepor o que aponta para a necessidade se serem analisadas conjuntamente. Na próxima seção é realizada uma análise, a partir de uma visão mais ampla de utilização nos sistemas de gestão das Organizações, das questões associadas à utilização da Ferramenta CXD e as proposições de métodos realizadas em quatro empresas distintas que atuam com os conceitos, princípios, métodos e técnicas discutidas neste trabalho.

4.3 ANÁLISE CRÍTICA DAS ENTREVISTAS COM USUÁRIOS DA CXD

A análise qualitativa das entrevistas realizadas nas empresas que utilizam a Ferramenta CXD contribuirá para o atendimento aos objetivos dessa pesquisa. Primeiramente é feita a análise crítica das entrevistas com analistas. Posteriormente, discute-se criticamente a opinião dos gestores quanto ao tema capacidade e demanda.

O método de entrevista de usuários da Ferramenta CXD foi utilizado para atender dois aspectos centrais: i) identificar as principais dificuldades de uso da Ferramenta CXD, e verificar as principais limitações encontradas na utilização da mesma no dia-a-dia das organizações; ii) verificar como são tomadas as decisões que afetam a capacidade fabril e sua relação com a demanda de mercado comparando os aspectos práticos observados com os métodos de tomada de decisão propostos neste trabalho. Ainda, um ponto adicional está relacionado na busca da identificação empírica de quais são as decisões tomadas pelas empresas a partir do uso da Ferramenta CXD. Desse modo deseja-se validar o uso da Ferramenta CXD como base para o método de tomada de decisão e comparar o modelo de tomada de decisão utilizado na prática das empresas com os métodos propostos nessa dissertação.

4.3.1 Análise Crítica das Entrevistas realizadas com Técnicos

4.3.1.1 Considerações Iniciais

No intuito de compreender a dinâmica da utilização da Ferramenta CXD nas empresas pesquisadas optou-se, como critério, entrevistar os técnicos especialistas na aplicação dessa ferramenta em cada empresa. Isto porque essas pessoas que vivenciam em suas rotinas de trabalho as facilidades e dificuldades do uso de uma ferramenta de análise CXD. A seguir são analisadas qualitativamente as entrevistas sob o prisma de implantação, uso e apoio as decisões da Ferramenta CXD.

4.3.1.2 Dificuldades de Implantação

As principais dificuldades de implantação encontradas nas empresas pesquisadas foram: i) acuracidade da base de dados, ii) controle paralelo ao sistema ERP da empresa para manutenção da base de dados; iii) entendimento conceitual por parte dos profissionais da empresa. O Quadro 33 mostra as dificuldades de implantação destacadas pelos técnicos responsáveis pela implantação da CXD nas empresas selecionadas.

Dificuldades de implantação da Ferramenta CXD:	Frequência:
- Acuracidade da base de dados do sistema ERP da empresa.	5
- Controle paralelo ao sistema ERP da empresa em relação à base de dados.	2
- Entendimento conceitual por parte da empresa.	2
- Dificuldade de modelar a fábrica na Ferramenta CXD.	1
- Dificuldade na coleta ou disponibilidade de dados.	1
- Problemas na previsão de vendas.	1
- Problemas nos dados de eficiência global.	1
- Dificuldades na análise e interpretação dos resultados, adaptação a cultura da empresa. Por exemplo: capacidade em horas.	1
- Dificuldade de validação devido à baixa acuracidade durante o processo de implantação.	1
- Análises integradas de diferentes unidades de negócio.	1
- Dificuldades relacionadas ao uso do Excell.	1
- Dificuldades relacionadas à variação de mix.	1
- Dificuldade de implantação devido à falta de experiência na Unidade de Negócio analisada.	1

Quadro 33: Lista de dificuldades citadas por técnicos referente à implantação da Ferramenta CXD

A acuracidade dos dados da empresa é, indiscutivelmente, a maior dificuldade enfrentada pelos técnicos que implantaram a Ferramenta CXD em suas respectivas empresas. Interessante destacar que a acuracidade na base de dados é importante para qualquer modelo de análise capacidade e demanda, não sendo específico para a Ferramenta CXD. No entanto, ao buscar um modelo mais robusto de análise da capacidade e demanda as empresas pesquisadas se depararam com um problema comum, ao menos no início da implantação, a baixa acuracidade nos dados de tempos de processamento, roteiros de fabricação e grupos de máquinas. Diante do fato, algumas empresas criaram sistemas paralelos de dados, externos ao

ERP, o que é identificado pelos técnicos como outra dificuldade já que a manutenção dos dados ao longo do tempo poderá ficar novamente defasada uma vez que não fazem parte do sistema principal de informações da empresa.

Outro fator relevante destacado pelas empresas, durante o processo de implantação, refere-se ao pouco conhecimento do conceito de Capacidade e Demanda por parte de algumas pessoas que participam do processo de análise e decisão. Essa dificuldade, em geral, é explicada pelo fato de que os métodos de decisão ampliam o número de pessoas e áreas envolvidas na discussão do planejamento da capacidade, além de sistematizar a discussão de capacidade e da demanda levando em consideração alguns fatores específicos que são embasados conceitualmente, enquanto anteriormente a implantação da CXD, nessas empresas, estas decisões eram tomadas empiricamente a partir de outros modelos de análise. A Ferramenta CXD fornece através de sua análise a quantidade de horas extras necessárias para atender a demanda que excede a capacidade de produção, indicando quais recursos específicos devem realizar estas horas adicionais. Essa análise contrapõe-se a decisões conduzidas por gestores da Empresa A, por exemplo, que muitas vezes optam por realizar horas extras em todos os setores da unidade de negócio de forma simultânea.

Diferentemente das empresas B e C, as dificuldades de implantação atingiram níveis mais críticos nas Empresas A e D. A Empresa A apesar de utilizar atualmente amplamente a Ferramenta CXD para análises de melhorias e planos de investimento, não a utiliza para efetivar a análise do Plano Mestre de Produção (PMP). Já a empresa D não utiliza atualmente a Ferramenta CXD em prol do uso de uma ferramenta de Programação Fina de Produção. Tendo em vista a relevância do processo de implantação e considerando o risco de falha nesse processo, são discutidos, a seguir, em mais detalhe, esses dois casos.

Analisando as duas empresas específicas, A e D, verifica-se algumas semelhanças quanto ao processo de implantação. Em ambos os casos, houve grandes dificuldades de adequação dos dados da empresa ao uso em análises do tipo CXD. A base de dados com pouca acuracidade juntamente com fatores relacionados à cultura organizacional da empresa, fez com que essas empresas não tivessem sucesso inicial na validação das informações geradas pela Ferramenta CXD. O descrédito da ferramenta, por parte daqueles que precisam tomar as decisões frente ao dinamismo das empresas, levaram a mudanças e a reavaliação das estratégias de implantação da Ferramenta CXD, tendo sido aberto mão de análises mais

acuradas em prol da facilidade da manutenção do *status quo* dos procedimentos vigentes nestas empresas.

É o caso da empresa A na medida em que, durante a entrevista, foram apontadas como dificuldades para a implantação da Ferramenta CXD, os seguintes itens: coleta de dados do sistema ERP (pois não havia relatórios prontos), baixa acuracidade nos tempos de processamento, grupos de máquinas incorretos, roteiros de fabricação incorretos, a modelagem na CXD não representava a flexibilidade de programação da fábrica, problemas de previsão de vendas e os dados de eficiências operacional dos recursos eram estimados. Na empresa A, a implantação da Ferramenta CXD, inicialmente projetada para atuar na análise de PMP, teve mudança de escopo e foi implantada com intuito de análise de melhorias da fábrica e planos de investimento. Atualmente, com 4 anos de uso da Ferramenta na empresa, após a reestruturação de seus processos, e o uso sistemático da Ferramenta nos Métodos Gestão de Melhorias e Estratégico de Longo Prazo, com bom índice de acuracidade e resultados, talvez seja possível sugerir a implantação do Método de Gestão de Rotinas de acordo com o proposto conceitualmente nesta pesquisa.

Já para a empresa D, foram apontadas pelo técnico entrevistado as seguintes dificuldades de implantação: aproximadamente 80% de roteiros de fabricação e tempos de processamento da empresa estavam defasados, as eficiências operacionais dos recursos eram estimadas, e, geravam controle paralelo da base de dados. A estratégia apresentada pela empresa, frente às dificuldades iniciais referentes à base de dados, foi direcionada para atualização de um banco de dados robusto para permitir a análise CXD. Contudo, a empresa optou por utilizar um sistema de Programação Fina de Produção (PFP) em substituição a Ferramenta CXD. De acordo com o analista entrevistado as principais vantagens do *software* de programação fina (NPS – *Networks Production Scheduling*), frente à Ferramenta CXD, são: ganhos em seqüenciamento da produção, facilidade de atualização e manutenção de dados pois não precisa controle paralelo, e, o *software* apresenta ambientes gráficos. E, ainda, de acordo com o entrevistado da empresa D, o *software* NPS mantém algumas vantagens em relação à Ferramenta CXD, a saber: análise de capacidade finita, visualiza carga/disponibilidade de máquinas, e, utiliza o parâmetro de eficiência operacional global para efeitos de validação do PMP.

A partir das dificuldades apontadas nas entrevistas ressalta-se a importância de considerar no plano de implantação dos métodos de análise CXD a inclusão de duas etapas: diagnóstico da base de dados e a validação do modelo de análise CXD. Um diagnóstico ou auditoria na base de dados, seguido de um plano de correção, também contribui para o processo de implantação. Nesse sentido, algumas boas práticas foram evidenciadas na pesquisa, como por exemplo: auditorias mensais nos registros de tempos e roteiros de fabricação, controle do percentual de itens com tempos e roteiros de fabricação atualizados, e, a constituição de uma força tarefa objetivando atualizar rapidamente a base de dados da empresa, especialmente itens da curva A de demanda.

Do mesmo modo, sugere-se a validação dos resultados obtidos através comparando os dados sugeridos pelo modelo confrontando com dados históricos do passo. Para tal, devem-se lançar dados de entrada de períodos já transcorridos (por exemplo: produção realizada no mês anterior), e avaliar se o resultado obtido através do modelo de análise CXD representa o que realmente ocorreu naquele período. Assim, após validar o modelo, é possível utilizar a Ferramenta para a elaboração de análises futuras.

4.3.1.3 Dificuldades de Uso e Limitações da Ferramenta CXD

Quanto às dificuldades de uso da Ferramenta CXD foram feitas cerca de 11 diferentes considerações - Quadro 34.

Dificuldades de uso da Ferramenta CXD:	Frequência:
- Acuracidade da demanda.	2
- Falta de monitoramento de eficiência global em alguns recursos de produção, necessidade de estimar eficiências.	2
- Algumas informações da base de dados permanecem erradas.	1
- Manutenção da acuracidade da eficiência global dos recursos.	1
- Número elevado de itens de produção para análise.	1
- Mudança de cultura e dos procedimentos da empresa.	1
- Tempo de análise elevado.	1
- Dificuldade de análise na unidade horas.	1
- Uso de roteiros alternativos é complexa.	1
- Falta de envolvimento de áreas de apoio.	1
- Tempo elevado para correção de erros de demanda.	1

Quadro 34: Lista de dificuldades citadas por técnicos referente ao uso da Ferramenta CXD

O primeiro ponto que se destaca nos apontamentos feitos pelos analistas das empresas é que a maioria dos itens referenciados tratam de problemas na dinâmica da análise da CXD, não especificamente da Ferramenta CXD. Para o bom funcionamento da lógica geral de análise de capacidade e demanda alguns fatores aparecem em diversos momentos da pesquisa, a saber: acuracidade dos dados, problemas de demanda, monitoramento das eficiências dos recursos de produção, envolvimento de diferentes áreas da empresa, e, mudança de cultura. Fica clara a necessidade de tratar esses problemas durante o processo de implantação e de gerar ações de monitoramento ao longo do tempo até que a empresa entenda que atingiu a maturidade nos diferentes processos de análise CXD.

Por outro lado, alguns fatores dizem respeito especificamente à Ferramenta CXD. São eles: i) o tempo elevado de análise da CXD e correções de demanda; ii) a dificuldade de análise em relação ao número elevado de itens de produção; iii) uso de roteiros alternativos; iv) uso da unidade em horas para demanda e capacidade. Os itens acima descritos indicam um baixo nível de automatização dessa ferramenta que é, em geral, muito dependente das pessoas que a modelam e a utilizam no dia-a-dia. Essa discussão remete a avaliação da necessidade de construção de um *software* de interface simplificada que utiliza como base a lógica da Ferramenta CXD e possa agilizar o processo de análise.

Já as principais limitações da Ferramenta CXD apontadas pelos entrevistados, são: i) não dimensiona o número de pessoas; ii) operações manuais são de difícil análise; iii) a ferramenta é complexa então muitas pessoas, por não entenderem, não acreditam no resultado obtido pela sistemática; iv) não informa um resumo em unidades de peças para cada recurso; v) não vê a questão dos estoques; vi) não seqüencia a produção e não faz programação fina; vii) não faz o seqüenciamento dos recursos; viii) um fator de limitação da CXD é o conhecimento conceitual do usuário; ix) planilha em *Software* Excel pode ser facilmente modificada por usuários inexperientes gerando erros e perdas de informações.

Percebe-se que alguns fatores listados como limitação da Ferramenta CXD são passíveis de serem considerados no modelo atualmente utilizado, considerando pequenas modificações na ferramenta sem que haja mudança na lógica geral do uso da mesma. Esse parece ser o caso da inclusão da dimensão pessoas na análise de capacidade (já discutida no sub-capítulo 2.3.6); da inserção da demanda na unidade ‘peças’ na interface de uso da

Ferramenta CXD¹⁴, ajustes no procedimento geral de análise de operações manuais, e, lógica de treinamento e capacitação conceitual e prática na utilização da lógica geral de análise CXD. No entanto, outras limitações apontadas pelos entrevistados podem ser questionadas na medida em que tratam de temas que tendem a fugir do escopo central da modelagem da Ferramenta CXD proposta e, portanto, do tipo de tomada de decisão proposta (por exemplo: i) o desejo apontado pelos técnicos no sentido de utilizar uma ferramenta única que possa incluir a programação e o dimensionamento de capacidade simultaneamente; ii) adotar a ferramenta para o seqüenciamento da produção; iii) tratar a questão do dimensionamento dos estoques na fábrica).¹⁵ Uma conexão passível de ser feita é que a demanda dos técnicos para que a ferramenta de CXD seja utilizada para equacionar problemas associados a programação da produção tende a indicar um conhecimento conceitual insuficiente sobre as potencialidades reais de utilização da ferramenta.

4.3.1.4 Decisões Tomadas a partir da CXD: Uma Análise Crítica

Quando questionados sobre os resultados obtidos na análise da Ferramenta CXD, todos os entrevistados que utilizam essa ferramenta atualmente, indicaram um bom índice de acuracidade. Essa confiança apresentada é justificada, por alguns dos entrevistados, pelo fato da base de dados da curva A de tempos e roteiros de fabricação estarem mais acurados sendo esses itens os de maior representatividade quanto à acuracidade global dos dados.

Quanto às decisões tomadas a partir da Ferramenta CXD, as entrevistas tendem a apontar para uma coerência com os modelos teóricos apresentados. O Quadro 35 apresenta, a partir das entrevistas, as decisões de produção relacionadas à utilização da Ferramenta CXD.

¹⁴ Prática já observada na Empresa B.

¹⁵ Alguns tópicos ligados ao dimensionamento de estoques podem ser tratados com o apoio da Ferramenta CXD. É o caso da definição dos estoques de produtos acabados que é necessário constituir para a realização de férias coletivas na empresa. Este tipo de problema, típico das empresas industriais pode ser estudado conceitual e na sua prática real (através da geração de um método objetivo para tratar o problema) com o apoio da ferramenta CXD. No entanto, este tema não será tratado neste trabalho.

Decisões relacionadas ao uso da Ferramenta CXD	Frequência:
- Definição quanto à necessidade de novos Equipamentos	5
- Melhorias de tempo de processamento;	4
- Análise do tempo de produção (horas extras, turnos de trabalho, etc.).	4
- Negociação de prazos com cliente.	3
- Melhorias de eficiência operacional global.	3
- Análise de capacidade para atender a demanda e identificação de recurso gargalo.	2
- Identificar recursos/roteiros alternativos.	2
- Eficiência meta.	2
- Número de pessoas.	2
- Antecipação da produção fazendo estoques de produtos.	1
- Terceirização	1
- Análise de capacidade para atender novos produtos.	1

Quadro 35: Lista de decisões relacionadas ao uso da Ferramenta CXD apontadas por técnicos

Quanto aos resultados obtidos todos os entrevistados consideram que o uso da Ferramenta CXD representa um ganho objetivo no que tange à tomada de decisão para as empresas. Um técnico entrevistado da empresa A respondeu, quando questionado se acredita que existem ganhos gerados a partir do uso da Ferramenta CXD: “... sim, muito. Porque indica o gargalo e os CCRs e foca o trabalho onde realmente precisa. E, ainda, analisa a demanda de mercado para adequar os turnos e se é possível desligar e disponibilizar máquinas para outras áreas considerando o balanceamento pela demanda.”

Outro entrevistado indica as melhorias na tomada de decisão postulando que o método “... auxilia na medida em que ajuda no processo de tomada de decisão com dados e fatos. A capacidade é aumentada a partir de ações visualizadas na CXD. Os ganhos virão de aumento da receita ou de redução de despesas operacionais.” E, ainda, um entrevistado cita a possibilidade de simulação como o principal instrumento para gerar ganhos para a empresa. As observações dos entrevistados tende a mostrar a importância de aprimorar a base científica para as tomadas de decisão mais eficazes nas empresas.

Quando os entrevistados comparam os procedimentos anteriores e posteriores à implantação da Ferramenta CXD, destacaram a questão de assertividade¹⁶ na tomada de decisão uma vez que passa a existir uma tendência a abandonar decisões baseadas unicamente em *feeling* e na experiência pessoal em prol de decisões cientificamente embasadas. Especificamente, os entrevistados apontam que passa a ocorrer melhoria na tomada de decisão quando são observadas variações no *mix* de produção. As associações entre as decisões tomadas e os ganhos financeiros associados são percebidas como relevantes no contexto geral de utilização da Ferramenta CXD.

4.3.2 Análise Crítica das Entrevistas com Gestores – Uma Visão Estratégica

4.3.2.1 Considerações Iniciais

O objetivo principal das entrevistas de gestores visa mostrar como são tomadas as decisões nas empresas. O formulário da entrevista (Anexo II) foi elaborado com o intuito de avaliar a existência e a utilização dos métodos de tomada de decisão apresentados nessa dissertação (Método de Gestão de Melhorias, Método de Gestão de Rotinas e Método de Gestão Estratégica de Longo Prazo).

As empresas pesquisadas apresentam valores de investimentos anuais, em termos de capacidade fabril, que giram entre 1,1 a 6% sobre a sua receita. Ainda, as empresas pesquisadas apresentaram nos últimos exercícios crescimento de seus negócios tanto em termos de volume produzido como da receita obtida.

A seguir são apresentados os resultados das entrevistas analisadas sob o prisma dos métodos propostos nessa pesquisa.

¹⁶ O termo 'assertividade' é utilizado pelos analistas como uma forma de minimizar erros que impactem futuramente em situações como: não atendimento da demanda e/ou atrasos de entrega, ou ainda, a sub-utilização da capacidade de um equipamento novo.

4.3.2.2 Identificação da Restrição e da Capacidade de Produção

No que se refere à identificação da restrição e capacidade, as empresas pesquisadas utilizam, unicamente, a Ferramenta CXD como apoio a essa atividade. Em todas as empresas a identificação da restrição pode ser visualizada a partir de três perspectivas distintas, porém inter-relacionadas, o curto, o médio e o longo prazo. No curto prazo, tende a não existir a preocupação de definir um gargalo único da fábrica, mas sim, identificar os recursos críticos cuja demanda são maiores do que a capacidade. Duas empresas, entre as quatro pesquisadas, utilizam o critério supracitado. As outras duas não fazem análise de restrição no curto prazo não utilizando a análise CXD no nível operacional (chão-de-fábrica). No médio prazo, o processo de identificação da restrição busca identificar o gargalo principal da fábrica. Este tipo de visão, critério e metodologia é utilizado pelas quatro empresas pesquisadas. No longo prazo, a análise de uma das empresas pesquisadas apontou a preocupação em definir o recurso que futuramente poderá ser o gargalo de produção.

Um fato apontado pelo gestor da Empresa B chama a atenção no processo de identificação dos recursos críticos no curto prazo. A empresa B utiliza um critério objetivo relacionando uma faixa de desvio percentual na relação CXD para classificar os recursos em críticos e não críticos. Os critérios utilizados são: i) recurso não crítico: apresenta capacidade superior a 10% da demanda; ii) recurso crítico: possui capacidade entre 0 e 10% superior a demanda; e, iii) recurso restritivo: possui capacidade inferior a demanda. Este tipo de critério prático, embora passível de questionamento científico (em função da subjetividade associada às definições das faixas), tende a facilitar a tomada de decisão nas empresas que a utilizam.

No que se refere ao dimensionamento da capacidade a Ferramenta CXD é amplamente utilizada pelas empresas pesquisadas. Estas informações são utilizadas no contexto tanto do Método de Gestão Estratégica de Longo Prazo, como no Método de Gestão de Melhorias. Em todas as empresas pesquisadas, considerando os procedimentos internos específicos, a capacidade é sempre informada em termos de quantidade de peças produzidas, muito embora a análise de CXD utilize como unidade de medida horas.

O fato de algumas empresas desejarem manter a informação de capacidade máxima em peças resulta em um problema pois a variação do mix de produção pode resultar em capacidades diferentes quando considerado a capacidade em peças, isso não ocorre quando

utiliza-se a capacidade em horas. Isso é decorrência do fato de mudarem os tempos de processamento de acordo com a variação dos produtos demandados. Assim, a quantidade de peças passíveis de serem produzidas dentro de um mesmo intervalo de tempo sofre variações de acordo com o *mix* de produção. Sendo assim, ao fazer a análise da máxima capacidade do sistema produtivo, a Empresa A, por exemplo, utiliza de um artifício estatístico, ou seja, define a capacidade através de um intervalo de quantidades. Por exemplo: a capacidade máxima de uma das unidades de negócio da empresa A é de 195.000 ± 5.000 peças por dia. Ou seja, a capacidade em unidades de produção é definida como um intervalo entre 190.000 a 200.000 peças por dia.

4.3.2.3 Gestão de Melhorias

Considerando a primeira etapa no processo de melhoria como sendo a identificação das possibilidades de melhoria frente aos problemas identificados, os gestores que utilizam a lógica CXD apontaram as reuniões de análises da Ferramenta CXD, em times multi-setoriais, como a principal fonte para identificar oportunidades de melhorias. Isso é mostrado pelo gestor da Empresa A que diz “Faço reuniões semanais de análise CXD e conto com meus colaboradores para criar idéias de melhorias...”, e ainda, “... todos sabem que a Ferramenta CXD é o ponto de partida e que a definição do gargalo é função da CXD.”

Nas empresas B e C as reuniões de análise da relação capacidade e demanda são sensivelmente melhores estruturadas uma vez que realizam reuniões sistemáticas de análise CXD. Na empresa B, por exemplo, são realizadas reuniões diárias, semanais e mensais, em cada qual é analisado os cenários de acordo com o horizonte que se apresenta e melhorias e ações são propostas. Na empresa C, são realizadas reuniões semanais e mensais com o mesmo enfoque.

Em geral participam das reuniões de análise representantes das áreas de: PCP, Produção, Vendas, Compras, e, Engenharia de Processo. Nas reuniões diárias que ocorrem na Empresa B participam apenas representantes da Produção, PCP e Engenharia de Processo.

Os processos de análise e proposição de melhorias têm relação forte com a cultura organizacional de cada empresa, como citam os gestores de cada empresa: Gestor da empresa

A: “... faço *brainstorming* com a equipe, juntos tomamos decisões como colocar uma pessoa a mais no gargalo, trabalhar no horário de refeições, contratar pessoas,...”, e ainda, “conto com o apoio da área de Melhoria Continua e Engenharia de Processo para checar se a informação ou decisão é o melhor. Se a máquina oferecida pelo mercado é a melhor.” O Gestor da empresa B remete a experiência dos funcionários: “Em geral os problemas e as soluções são as mesmas, se repetem.” O gestor da empresa B cita também a sistemática de reuniões empreendida pela empresa e as análises de IROG como meios de identificar melhorias. Já o Gestor da empresa C ressalta o papel da engenharia de processo dentro da sistemática de melhoria: “Em geral identifica-se a restrição com 3 meses de antecedência e a Engenharia de Processo é quem vê e começa atuar com antecedência.” Por fim, o Gestor da Empresa D remete a experiência dos funcionários na definição das melhorias possíveis “As melhorias são puxadas pela área de produção (possui um analista de processo sobre sua coordenação) mas as idéias vem da experiência dos funcionários.”

Além da Ferramenta CXD são apontadas pelos gestores como fonte de idéias para melhoria da relação CXD: indicadores, informações da Gestão do Posto de Trabalho (GPT), IROG, *Kaizens* e a experiência dos funcionários.

Quando convidados a apontar algumas das melhorias de capacidade que são utilizadas pelas empresas em que atuam, os gestores de produção apontaram as melhorias descritas no Quadro 36.

Opções de melhoria de capacidade
▪ Aumento do número de funcionários;
▪ Redução de tempo de ciclo e automatização de carga/descarga;
▪ Redução no tempo de setup;
▪ Aquisição de máquinas;
▪ Inovações de processo e novas tecnologias;
▪ Balanceamento de capacidade através do número de pessoas (reduz custos no não-gargalo);
▪ Considerações sobre a variação de <i>mix</i> ;
▪ Horas extras;
▪ Terceirização;
▪ Uso de todo o tempo calendário.

Quadro 36: Opções de melhorias de capacidade e demanda apontadas por Coordenadores de Produção

As respostas dos entrevistados estão consonantes com os aspectos teóricos e poderiam ser separados em:

- Aumento do Tempo Disponível Total: uso de todo o tempo calendário, horas extras, aquisição de máquinas e número de funcionários;
- Aumento da eficiência dos equipamentos (IROG): redução no tempo de *setup*, balanceamento de capacidade através do número de pessoas (reduz custos no não-gargalo), inovações de processo e novas tecnologias de máquinas;
- Redução da demanda (q_i): redução de tempo de ciclo, automatização de carga/descarga dos equipamentos, considerações sobre a variação de *mix*, e, Terceirização.

Verifica-se que comparativamente ao referencial bibliográfico, não foram citados alguns itens como: uso de roteiros alternativos, redução no tempo de paradas de máquinas gargalo, ações de melhorias referente a queda de velocidade (μ_2) e redução de problemas de manutenção.

Comparativamente os gestores fizeram menos apontamentos de melhorias que os analistas entrevistados e, em geral, não indicaram conhecer o potencial amplo de uso da Ferramenta CXD. No entanto, como já destacado anteriormente os gestores entrevistados contam com a equipe, compostas de pessoas de diferentes áreas, para apontar as melhorias necessárias. De qualquer modo ressalta-se a necessidade de preparação de todo o time, através de treinamento e capacitação nos conceitos de análise CXD, evitando que apenas algumas pessoas da empresa tenham a capacidade de formar uma análise mais completa.

4.3.2.4 Análise de Investimentos

Ressalta-se, inicialmente, que a limitação de recursos financeiros, apontadas por alguns gestores, reforça a idéia de avaliar corretamente de que forma são realizados os investimentos nas empresas. As empresas A, B e C, utilizam a Ferramenta CXD nos seus planejamentos de longo prazo. A empresa D não mostrou método estruturado de análise de

investimento baseado na análise de capacidade e demanda de médio e longo. No entanto, um fator relevante é que todas as empresas entrevistadas apontaram a análise de retorno sobre investimentos, *payback*, como a forma usual de aprovar os investimentos.

Os gestores mostraram coerência ao apontar o foco de investimentos nas áreas e recursos restritivos. Além do foco de investimentos no gargalo, em função da capacidade, os gestores apontaram como pontos que levam a aquisições de equipamentos novos os seguintes fatores adicionais: ergonomia e segurança, obsolescência das máquinas, despesas elevadas com manutenção, novas tecnologias, aumento de produtividade, melhoria na qualidade do produto, maior eficiência global do equipamento, redução da necessidade de mão-de-obra, e, flexibilidade de *mix* de produção. O alinhamento com as macro-estratégias da empresa foi outro fator apontado pelos gestores como relevante para a tomada de decisão de investimentos. Um gestor da Empresa A expressou o que parece ser a prática usual na sua empresa: “... investimentos em pontos não-gargalos ocorrem somente em valores menores de investimento e muitas vezes atreladas a melhorias de atendimento interno ao gargalo.”

O aumento do Índice de Rendimento Operacional Global (IROG) dos recursos de produção foi apontado por gestores de duas empresas como uma forma objetiva de investimento em aumento de capacidade da empresa. Já os demais gestores referiram-se apenas a aquisição de equipamentos novos. Nenhuma empresa indicou investimento em redução no tempo de processamento como uma forma de investimento em capacidade.

Estranhamente essas proposições de melhorias não foram apontadas nas análises de investimentos e melhorias de longo prazo. No entanto, é necessário compreender que o método de análise de investimento procura ressaltar a necessidade de, prioritariamente, maximizar o uso dos ativos existentes na empresa como uma meta constante da organização. O Método de Gestão Estratégica de Longo Prazo, procura ressaltar essa idéia a partir de 3 pontos principais: aumento de IROG, redução no tempo de processamento e redução no número de defeitos.

O percentual de IROG ideal para gargalos dependem das características dos equipamentos. No entanto, a meta idealizada de IROG deve ser elevada (>85%). Assim haverá um processo de mudança interno de busca contínua pelo aumento de eficiência. Outro ponto que pode ampliar a utilização de um equipamento já existente na empresa, refere-se a redução no tempo de processamento. Nesse sentido, pode haver por parte da empresa esforços

de: automatização da operação reduzindo tempos de carga e descarga, alterações no produto simplificando as operações, redução no tempo de ciclo em si, através de melhorias no processo, aumento de capacidade da carga nos casos que envolve processo em lotes, etc. Por fim a redução de defeitos impacta diretamente na capacidade quando refere-se a produtos bons produzidos e entregues aos clientes.

Um dos gestores apontou duas novas dimensões que afetam a capacidade e necessitam de investimentos, apesar de não serem diretamente consideradas na Ferramenta CXD, são elas: i) a quantidade de ferramentas de produção; ii) as estruturas de apoio (por exemplo, instalações elétricas, de exaustão, redes de vapor e água de resfriamento). O primeiro ponto é relevante na medida em que a existência (ou não) das ferramentas, bem como a qualidade das mesmas, pode interferir diretamente em determinadas operações (ex: prensas, injetoras). O segundo aspecto é importante porque a não existência de uma estrutura de apoio adequada pode prejudicar as operações cotidianas da empresa, bem como dificultar a expansão da planta. Estas duas observações apontam limitações objetivas para tratar do tema (no caso das ferramentas pela dificuldade em modelar à situação na Ferramenta CXD, a segunda por ser um tema muito amplo para ser considerada na modelagem proposta).

A empresa D não utiliza um método de análise de investimento formal baseado na Ferramenta CXD apesar de apresentar um elevado potencial de investimento em capacidade, cerca de 6% ao ano. Isto foi justificado pelo coordenador de produção entrevistado, por se tratar de um período de elevado crescimento do negócio. Na análise de investimento é considerado principalmente o *payback* sobre o valor investido, que deve ser inferior a 01 ano. Nesse contexto justifica-se que a análise de investimento em novos equipamentos na empresa D seja facilitada pelo cenário de expansão de demanda interna que, de certo modo, garante a efetiva utilização de novos equipamentos. No entanto, duas situações devem ser observadas: o índice de utilização dos recursos já existentes (IROG), e ainda, o risco de criar no longo prazo uma cultura organizacional de baixa utilização dos recursos de produção. Por fim, considera-se que baixos índices de utilização de recursos impactam sobre os custos dos produtos fabricados.

Considerando que para ampliar a capacidade da área foco existam diferentes alternativas, as empresas A, B e C, que utilizam a Ferramenta CXD em suas rotinas,

apontaram a simulação de cenários, a partir de uma ótica determinística, uma forma de análise e priorização de investimentos de longo prazo.

A Empresa A, parece apresentar uma forma robusta de análise de investimento de longo prazo, associada ao Plano Diretor da empresa. De acordo com gestor da empresa A, cenários de crescimento são simulados e apresentados na forma de gráficos de capacidade por Unidade de Negócios. A análise de capacidade apresentada pelo Gestor mostra, para um cenário futuro de longo prazo, aproximadamente 5 anos, a máxima capacidade de cada recurso (associados em grupos de máquinas) apresentado na forma gráfica e comparada com a demanda prevista. Para cada barra, que representa um recurso, são apresentados a capacidade atual, os acréscimos de capacidade para cada ação de melhoria sob os recursos atuais, e, os valores de capacidade considerando a aquisição de novos equipamentos. Dessa forma, os valores finais de capacidade são comparados com a demanda futura, sendo que ao final do processo, tem-se o plano de investimento ao longo dos anos e os apontamentos de ações e capacidades de cada grupo de máquinas que formam um recurso de produção na Ferramenta CXD.

Na opinião do gestor os cenários são importantes porque direcionam as decisões macros do negócio a partir das alternativas propostas. O gestor defende ainda a máxima utilização dos ativos disponíveis (equipamentos já instalados), para só depois pensar na aquisição de equipamentos, conforme esclarece na afirmação: “... os cenários me mostram até onde consigo ir com os equipamentos existentes e, depois, o que será necessário de aquisições de máquinas novas.”

O Método de Gestão Estratégica de Longo Prazo - Análise de Investimentos é um dos métodos mais importantes discutidos nessa dissertação, pois insere a relação de capacidade e demanda as macro-estratégias das empresas. No entanto, uma análise global das entrevistas com os gestores não verificou uma cultura organizacional amplamente difundida, no sentido da máxima utilização dos recursos de produção. Não foram apontados, por exemplo, estratégias de escolha sobre qual recurso deve ser o recurso de menor capacidade futura, podendo fazer uso de critérios como: o recurso que apresenta maior necessidade de investimento, risco de quebra de equipamentos no caso de equipamentos únicos ou monumentos, nível de automatização e flexibilidade de adequação a demanda, etc. Também

não foi citado por nenhum dos gestores entrevistados análises que se referissem ao nível de ociosidade projetada na fábrica.

4.3.2.5 Gestão de Rotinas - Análise de Plano Mestre de Produção

Apesar de as empresas utilizarem ferramentas CXD com concepções similares, o procedimento de uso e análise é sensivelmente diferente. Ou seja, a Ferramenta CXD é utilizada partindo de processos de tomada de decisão significativamente distintos adotados pelas empresas. A empresa A, por exemplo, não faz análises das restrições no curto prazo. Ou seja, não considera nas suas análises os problemas de capacidade sobre o prisma de programação e controle do chão de fábrica no dia-a-dia da empresa. A ferramenta é direcionada para a elaboração de análises de médio e longo prazo, estimulando principalmente estratégias de melhoria e planos de investimentos.

Como já discutido no item referente a dificuldades de implantação, a não utilização do método de análise de PMP foi justificada pelo Gestor da Empresa A, como sendo um problema de implantação da Ferramenta CXD. Segundo o gestor entrevistado, no período de implantação da ferramenta, tinha-se problemas de demanda, dado que período firme de pedidos foi entendido como insuficiente para manutenção de um método CXD. Adicionalmente, havia problemas de acuracidade nos roteiros de fabricação e tempos de processamento. Já o gestor entrevistado da Empresa D, justifica o não uso do Método de Análise de PMP, referindo-se às constantes alterações na demanda. Essa dinâmica de decisões referentes às mudanças necessárias exige agilidade no processo de decisão o que não é, segundo o gestor entrevistado, atendida pela Ferramenta CXD. Dois pontos são importantes na análise dos apontamentos feitos pelos gestores da empresa A e D: i) deve haver um esforço pela manutenção de um período firme de programa de produção evitando ao máximo pedidos emergenciais que possam trazer perturbações ao sistema de produção; 2º o uso sistemático de uma Ferramenta CXD deverá, no médio prazo, contribuir para tomada de decisões emergenciais a partir do pressuposto que formaliza uma cultura de análise de e demanda focada em poucos recursos críticos e de capacidade conhecida e, normalmente, monitorada. Nesse sentido a dinâmica de decisão, mesmo que emergencial, terá embasamento na rotina de análises credenciada pela Ferramenta CXD e vivenciada pelos gestores de produção.

De um modo diferente as empresas B e C, que utilizam a Ferramenta CXD, num procedimento similar ao método de análise de Plano Mestre de Produção proposto nessa dissertação, para programação de fábrica. Na empresa B, por exemplo, uma planilha com análise CXD é analisada semanalmente com apontamentos de capacidade e demanda de cada recurso, visando identificar os recursos críticos da fábrica, o número de horas que a demanda excede a capacidade, a quantidade em peças demandadas e a quantidade de peças que não foram atendidas na semana anterior. A tratativa da análise do PMP acontece através de reuniões sistemáticas, com a participação de diversas áreas da empresa (Produção, Vendas, Compras, PCP e Engenharia de Processo), e apresentação e análise do Plano Operacional (PO) e da análise dos resultados da Ferramenta CXD. Com essas informações os gestores decidem sobre ações de curto prazo (por exemplo, deslocamento de pessoas e horas extras), que normalmente visam ampliar a capacidade com ações de contenção. Nessas reuniões também são alavancadas ações de médio e longo prazo. Na empresa C, o procedimento é similar com análises semanais do plano de produção e da análise CXD.

Comparativamente as empresas B e C, parecem apresentar maior controle sobre o processo fabril no que se refere a programação da produção do que as empresas A e D. Nas empresas A e D o processo decisório de curto prazo, de nível operacional, conforme indicado nas entrevistas ocorrem somente no âmbito da produção sem suporte de áreas ou ferramentas de apoio. São decisões baseadas no empirismo que refletem a capacidade e experiência dos gestores de fábrica, conforme mostra o relato do gestor da empresa D: “Quando me questionam se posso atender a um determinado volume superior a capacidade instalada na fábrica, analiso a média histórica produzida, e minha resposta é dada na hora.” O relato do gestor reflete a dinâmica da empresa em que trabalha e que, em contrapartida, mantém um estado constante de urgência criando perturbações no sistema produtivo.

Quando questionados diretamente quanto ao dimensionamento de turnos de trabalho e número de funcionários os gestores apresentaram as respostas sintetizadas no Quadro 37.

Pelas respostas obtidas no Quadro 37 verifica-se que as empresas pesquisadas consultam a Ferramenta CXD nas análises de definição de turnos de trabalho e do número de funcionários. No entanto, como já discutido na análise da entrevistas com técnicos das empresas, o modelo usual adotado na Ferramenta CXD não dimensiona o número de

funcionários diretamente o que justifica a utilização de informações e ferramentas complementares sugeridas pelo discurso dos gestores.

Empresa	Utiliza a Ferramenta CXD?	Comentário:
Empresa A	Sim	Define turnos de trabalho e horas de ocupação de recursos de produção e, com essas informações, define o número de pessoas de produção necessárias. Para o gestor, em áreas de baixo nível de automação, a variação do <i>mix</i> impacta muito significativamente o dimensionamento de pessoas e, por isso, a Ferramenta CXD não consegue auxiliar completamente as decisões.
Empresa B	Sim	Utiliza a CXD para dimensionar turnos de trabalho. No entanto, possui um sistema informatizado desenvolvido pela empresa especificamente para dimensionamento de Mão-de-obra direta.
Empresa C	Sim	A engenharia de processo utiliza a CXD para dimensionamento de pessoas.
Empresa D	Não	Dimensiona por dados históricos de produção.

Quadro 37: Respostas dos Gestores quanto ao dimensionamento de Turnos e Número de Funcionários

Verificou-se que as empresas pesquisadas não utilizam do método parcial de Formação do Plano Mestre de produção, conforme proposto nessa pesquisa, uma vez que a formação do Plano Mestre de Produção acontece no ambiente do MRP.

4.3.2.6 Decisões Tomadas a partir da CXD de Acordo com Gestores de Produção

Em todas as empresas entrevistadas a Ferramenta CXD é apresentada aos gestores de produção, porém deve ser explicitada que a responsabilidade pela manutenção da ferramenta é dos técnicos que suportam a operação. No entanto, a interação é forte uma vez que os gestores apontam, ao longo dessa pesquisa, decisões tomadas a partir das análises feitas a partir do uso da ferramenta.

O Quadro 38 apresenta as principais decisões apontadas pelos gestores de produção utilizando a Ferramenta CXD.

Decisões relacionadas ao uso da Ferramenta CXD	Frequência de resposta:
- Número de funcionários.	3
- Eficiência meta.	2
- Capacidade máxima instalada	2
- Plano Operacional de produção	1
- Meta de produtividade	1
- Meta de setup	1
- Área foco de Investimentos	1
- Número de turnos de trabalho.	1
- Horas extras.	1
- Movimentação do quadro de lotação.	1
- Programa de manutenção.	1
- Demanda semanal.	1
- Análise de melhorias.	1

Quadro 38: Decisões apontadas pelos Gestores como relacionadas à Ferramenta CXD

Traçando um paralelo comparativo com as respostas apresentadas pelos técnicos à mesma questão, Quadro 35, verifica-se similaridade nas respostas. No entanto, fica claro o posicionamento mais estratégico apontado nas respostas dos gestores se comparada aos técnicos, isso se deve, a proximidade dos gestores com a tomada de decisão em detrimento as operacionalidades da Ferramenta CXD. Embora não seja uma saída direta da utilização da Ferramenta CXD a maioria dos gestores apontaram a utilização deste instrumento no dimensionamento do número de pessoas necessárias para a operação. Ainda, a eficiência meta e a definição da máxima capacidade instalada são fatores apontados como relevantes de serem considerados por mais de um gestor entrevistado.

Apesar do pluralismo de respostas apresentadas pelos gestores, e da indicação de visão de futuro com apontamentos como de ‘eficiência meta’, os gestores não explicitaram claramente a relação da análise CXD com a formulação de estratégias de produção.

Quando questionados sobre as dificuldades de utilização da Ferramenta CXD nos diferentes processos decisórios das empresas, os gestores apontaram genericamente: a demora ou lentidão da informação gerada pela CXD quando comparado ao dinamismo da produção real e, também, a complexidade na operacionalização da ferramenta.

Alguns pontos apontados pelos gestores como dificuldade em uma da empresa, já foram equacionados em outra empresa. É o caso do questionamento do gestor da empresa A, que aponta carência de maior envolvimento das áreas de PCP e Vendas nas análises CXD. Este envolvimento pode ser observado nas tomadas de decisão realizadas nas empresas B e C. Ainda, sob o questionamento do gestor, um envolvimento maior do departamento de vendas no programa de produção que chega a fábrica seria mais efetivo se as empresas fizessem uso do método parcial de formação do PMP. Já o gestor da empresa B questiona o fato de não receber informação quanto à quantidade produzida no dia anterior, Esta prática é realizada com eficácia na empresa C. A indicação do gestor é relevante e aponta ao questionamento da necessidade de realizar controle da produção para confrontar e alimentar a Ferramenta CXD complementando o processo de formação e análise do PMP. Já o gestor da empresa D, que não utiliza a Ferramenta CXD, observa que a maior dificuldade de uso da Ferramenta CXD está associada com questões internas a empresa, especialmente em relação a cultura do tomada de decisão vigente na empresa, que tem em seu dinamismo e no conhecimento empírico acumulado as fontes principais de tomada de decisão. A título de síntese, talvez seja possível afirmar que, como as análises realizadas ocorreram em empresas do mesmo grupo empresarial e existem boas práticas nas diferentes empresas, parece possível sugerir a necessidade de realizar trocas de experiências no que tange as melhores práticas relacionadas à potencialidade de utilização da Ferramenta CXD entre as empresas estudadas.

Finalmente, é importante considerar o posicionamento do gestor da Empresa C, que utiliza a Ferramenta CXD a aproximadamente 3 anos nos métodos de tomada de decisão e que não identificou nenhuma dificuldade na utilização da Ferramenta CXD nos métodos de tomada de decisão de Análise de PMP, Gestão de Melhorias e Análise de Investimentos.

4.3.3 Considerações Finais

Das entrevistas realizadas pode-se afirmar que a Ferramenta CXD está sistematizada, e é utilizada para a tomada de decisão, em pelo menos três das quatro empresas pesquisadas, No entanto, existem dificuldades de implantação e uso dessa ferramenta. A principal dificuldade de implantação apontada pelos entrevistados está relacionada com a existência e manutenção de uma base de dados suficientemente acurada que permita a validação da Ferramenta CXD

nas diversas unidades das empresas estudadas. Durante o período de implantação da ferramenta um ponto central, em todas as empresas pesquisadas, é a revisão dos dados (como por exemplo: tempos de processamento, roteiros de fabricação e grupos de máquinas). No que tange a dificuldades na implantação verifica-se que o método de análise de PMP apresenta maior necessidade de acuracidade de dados tendo em vista o fato de que as análises realizadas são de curto prazo. Porém, em virtude dos trabalhos realizados de atualização de dados de entrada é possível observar que a acuracidade dos resultados advindos da Ferramenta CXD foi considerada adequada pelos profissionais entrevistados.

Nas empresas pesquisadas não foi possível identificar ferramentas alternativa de dimensionamento de capacidade e identificação do gargalo. No entanto, ‘concorre’ com a utilização da Ferramenta CXD a manutenção das decisões empíricas embasadas no conhecimento tácito dos profissionais envolvidos (ex: na Empresa D, atualmente, esta é a abordagem adotada). Neste contexto parece desejável propor uma mudança na cultura organizacional para que o processo de implantação e utilização da Ferramenta CXD possa ser conduzido pela alta gestão num processo do tipo *top down*. No entanto, é razoável pensar que soluções mais aprimoradas envolvem associar a abordagem científica da CXD, com o conhecimento tácito dos profissionais que atuam relacionados ao tema. Em particular, é relevante que pontos que não são passíveis de serem (ou que ainda não foram) modelados na Ferramenta CXD possam ser tratados a partir do conhecimento das equipes que trabalham com o tema na empresa (por exemplo: máquinas ou grupo de máquinas alternativas, postos onde a capacidade depende do número de profissionais envolvidos, etc.).

Quanto às limitações verifica-se que muitos dos itens apontados estão associados com necessidades específicas de cada empresa e que, portanto, necessitam de customizações específicas no modelo usual tradicional de modelagem da Ferramenta CXD. Neste caso, uma necessidade comum das empresas pesquisadas está relacionada com o número de funcionários necessários para atender a uma determinada demanda. Ainda, existem questionamentos associados com uma abordagem integrada das questões associadas com a análise da CXD e do seqüenciamento e controle de produção. Como já colocado anteriormente, embora esta questão seja relevante, não é um escopo usual da Ferramenta CXD. O que pode ser proposto, nesse sentido, é o uso integrado da Ferramenta CXD com a estrutura do MRP interagindo especialmente nas interfaces de formação do Plano Mestre de Produção (PMP).

No que tange aos métodos de tomada de decisão propostos nesta pesquisa, foi possível perceber que as empresas pesquisadas apresentam diferentes estágios e formas de utilização dos mesmos. A seguir é apresentada uma síntese da situação:

- Empresa A: utiliza o método de gestão de melhorias e de gestão estratégica de longo prazo.
- Empresa B: utiliza todos os métodos de tomada de decisão: método de gestão de rotinas, método de gestão de melhorias e método de gestão estratégica de longo prazo.
- Empresa C: semelhante à empresa B apresenta todos os métodos de tomada de decisão, porém, utiliza a Ferramenta CXD já há 3 anos enquanto a empresa B utiliza a menos de um ano.
- Empresa D: não utiliza os métodos de tomada de decisão conforme propostas nessa dissertação. Parcialmente, utiliza a lógica básica do método da identificação da restrição.

Verificou-se, também, que áreas diferentes da empresa podem utilizar os métodos em momentos e situações diferentes em função das distintas necessidades em termos da tomada de decisão. Por exemplo, o PCP pode sistematicamente utilizar o método de revisão do PMP, enquanto, a engenharia utilizará mais usualmente o método de melhorias físicas. A média e alta gerência, por sua vez, estará mais diretamente entrosada com o método de gestão estratégica de longo prazo. Em todos os casos, a utilização dos métodos tende a ser feita de forma mais eficaz na medida em que estejam inseridos nos processos decisórios reais e cotidianos das empresas.

Os métodos de tomada de decisão propostos nessa pesquisa, que foram ilustrados e discutidos criticamente nas empresas pesquisadas, são genéricos. Neste sentido, dificilmente serão seguidos fielmente em todos os passos propostos nas empresas. Uma idéia a ser perseguida talvez seja o de formalizar os métodos propostos a partir da peculiaridade dos processos de decisão de cada uma das empresas. Os 3 métodos propostos nesta dissertação

seriam, neste caso, utilizados como ‘métodos genéricos’ a partir dos quais seriam feitas as alterações e customizações para cada uma das empresas estudadas.

Outra situação a ser considerada é que, na maioria das vezes, são utilizados em projetos específicos para realizar análises de curto, médio e longo prazo. Isso pode ser observado, por exemplo, quando a Empresa A – embora não utilize sistematicamente o método de gestão de rotinas – utiliza vários dos seus passos para decidir sobre uma série de itens relativos ao PMP. Isso ocorre, possivelmente, a partir de ações isoladas de alguns gestores e de estudos em projetos específicos de linhas de produção.

O Quadro 39 mostra, a partir das entrevistas realizadas com os técnicos e gestores, as principais decisões tomadas pelas empresas com a sustentação da Ferramenta CXD.

Decisões relacionadas ao uso da Ferramenta CXD	Alinhamento com Método de Tomada de Decisão
- Plano Operacional de produção	Análise de PMP
- Tempo programado de produção (horas extras, turnos de trabalho, etc.)	
- Negociação de prazo com clientes	
- Movimentação do quadro de lotação entre áreas da empresa	
- Programa de manutenção preventiva e preditiva	
- Identificação de roteiros/recursos alternativos	
- Terceirização	
- Número de funcionários.	
- Antecipação da produção gerindo estoques de produto acabado	
- Eficiência meta e melhorias de IROG.	
- Meta de produtividade	
- Meta de tempo de troca de ferramental	
- Melhorias no Tempo de Processamento	
- Definição quanto a necessidade de novos Equipamentos	Análise de Investimentos
- Área foco de Investimentos	

Quadro 39: Decisões apontadas por Técnicos e Gestores relacionadas aos Métodos de Tomada de Decisão nas Empresas Pesquisadas

Não constam no Quadro 39 as definições de capacidade máxima instalada e identificação da restrição que são decisões associadas em todas as decisões apontadas. Ainda, de forma geral, é possível dizer que existe similaridade entre as decisões praticadas pelas empresas, com apoio da Ferramenta CXD e os métodos propostos nessa pesquisa.

A contribuição dos métodos de apoio a tomada de decisão é sensível sob o aspecto de ilustrar aos gestores os caminhos possíveis de atuação nos sistemas produtivos. A efetividade do método é mostrada pela coerência das respostas obtidas dos analistas e coordenadores de produção entrevistados, principalmente, no que refere-se às decisões que se propunham atender com os métodos propostos.

5 CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Neste capítulo serão explicitadas, inicialmente, as conclusões do trabalho. Na seqüência, são apresentadas as principais limitações da dissertação. Finalmente, são feitas recomendações para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

5.1 CONCLUSÕES

As estratégias da organização quando formuladas de forma eficaz tendem a determinar parte significativa do sucesso dos negócios. O tema discutido nesta dissertação tratou da formulação de estratégias de produção, em particular da ótica da gestão da Capacidade e Demanda, das empresas industriais tendo como referência a utilização de métodos de tomada de decisão. A idéia do método, aqui entendida enquanto passos lógicos e estruturados, é de facilitar a tomada de decisão em temas ligados à gestão da Capacidade e Demanda.

No contexto de elaboração da pesquisa foi proposta a criação de um modelo sistêmico de tomada de decisão, que engloba tópicos associados à capacidade e demanda no ambiente fabril, divididos em três métodos específicos: i) Método de Gestão de Rotina; ii) Método de Gestão de Melhorias; iii) Método de Gestão Estratégica de Longo Prazo. O propósito desse conjunto de métodos consiste em auxiliar no planejamento, operacionalização e controle de produção no processo de formulação de estratégias de produção envolvendo o tema da Capacidade e Demanda no curto, médio e longo prazo.

A proposição dos métodos de tomada de decisão foi possível de ser feita a partir da análise crítica dos modelos existentes na literatura e da experiência do pesquisador na

implantação de estratégias de produção pautado na análise CXD. Considerando que a análise da relação de capacidade de produção da fábrica (Oferta) e demanda de mercado (Demanda) é base nos processos de tomada de decisão analisados nesta pesquisa, o trabalho propôs partir da Ferramenta CXD proposta por Antunes *et al.* (2008). Para isso foi, inicialmente, realizada uma comparação conceitual, baseada na análise dos pressupostos utilizados, com outros modelos usualmente utilizados para tratar o tema, entre os quais é possível incluir: MRP e Teoria das Restrições. Em síntese a Ferramenta CXD mostrou-se mais adequada, sob o ponto de vista de seus resultados, do que as outras ferramentas estudadas.

Partindo do referencial bibliográfico convencional e tradicional relativo ao tema (particularmente os modelos propostos no contexto do MRP e da Teoria das Restrições), o trabalho explicitou as razões pelas quais os conceitos que estão subjacentes a construção da Ferramenta CXD faz com que os modelos gerados, e os respectivos resultados, apresentem resultados muito mais próximos da realidade empírica. A diferença dos resultados, no que tange ao dimensionamento da capacidade, está diretamente relacionada com a utilização do chamado IROG (Índice de Rendimento Operacional Global dos Equipamentos) para o cálculo da capacidade fabril. Através da construção de exemplos hipotéticos de análise da relação Capacidade e Demanda foi possível ilustrar os resultados obtidos na identificação das principais restrições do sistema produtivo. Esta é uma das contribuições que foi perseguida ao longo desta dissertação.

Através da realização de entrevistas com os técnicos responsáveis pela análise CXD em quatro diferentes empresas foi ilustrado e discutido criticamente a pertinência da utilização da Ferramenta CXD para tratar da questão da gestão da capacidade e demanda em empresas industriais. Foram tratadas os principais aspectos relativos as dificuldades de implantação e de utilização da Ferramenta CXD. As principais dificuldades observadas para a implantação da Ferramenta CXD foram: i) acuracidade da base de dados do sistema ERP da empresa; ii) controle paralelo ao sistema ERP da empresa em relação à base de dados; iii) entendimento conceitual por parte dos profissionais da empresa. Esses apontamentos prestados pelas empresas pesquisadas servem de base de informação para empresas que desejam implantar essas rotinas em suas áreas fabris e, desse modo, formar um plano de implantação mais robusto.

As principais dificuldades empíricas observadas para a operacionalização da Ferramenta CXD foram: i) acuracidade da demanda; ii) falta de monitoramento de eficiência global em alguns recursos de produção, resultando na necessidade de estimar a eficiência de alguns recursos. Os métodos de tomada de decisão utilizam como dados de entrada a previsão de demanda (exceto o método de gestão de rotinas do PMP que tem a possibilidade de utilizar pedidos firmes), e problemas na acuracidade de previsão de demanda são recorrentes em muitas empresas. Como consequência, ao utilizar desses dados de entrada para análises de cenários futuros os resultados obtidos estão condicionados a base de dados existente. Por exemplo, se o *mix* de produção previsto for diferente daquele utilizado na construção do modelo é razoável acreditar que o cenário previsto será diferente do real. No entanto, conforme revisado no referencial teórico os gargalos tendem a permanecer no mesmo recurso, pois estão associados a questões estruturais (ANTUNES *et. al*, 2008). Seguindo esse raciocínio somente diferenças significativas entre a previsão e o realizado podem impactar expressivamente na identificação do recurso gargalo e na capacidade fabril.

Outro ponto indicado como uma dificuldade dos gestores é a falta de monitoramento de eficiência de alguns recursos. Esse tipo de situação não deveria ocorrer visto que o monitoramento dos recursos é o meio pelo qual a empresa confere o grau de utilização de cada recurso (IROG). No entanto, é razoável entender que a amplitude do monitoramento tende a se expandir gradualmente para todos os recursos seguindo um critério de prioridade.

Um ponto discutido a partir dos exemplos empíricos foi o conceito de gargalo. É relevante considerar este conceito a partir de diferentes horizontes de análise. No mundo real poderão existir muitos recursos com capacidade inferior a demanda. Ainda, muitas variações poderão ocorrer durante a operacionalização do programa de produção no dia-a-dia e nas variações na demanda de longo prazo. Em função deste fato, do prisma prático, a idéia é tratar o tema das restrições não só a partir da noção do fato de que existe um único gargalo em um dado período de tempo, mas sim efetivar uma lista de recursos críticos da fábrica e tratá-los caso a caso para que seja possível, de fato, aumentar a capacidade da fábrica ou reduzir a demanda dos produtos. No médio e longo prazo a análise de restrição pode apontar para a necessidade de investimentos em vários recursos distintos. Ainda, o conceito de gargalo sofre impacto quanto ao horizonte de análise, no que se refere à relevância de identificação e foco de atuação, considerando que existem interações entre a identificação da restrição e as ações estratégicas de curto, médio e longo prazo.

Através de entrevistas com gestores de produção a pesquisa tratou de compreender a existência de aderência entre os métodos propostos (Gestão de Rotinas, Gestão da Melhoria e Gestão Estratégica de Longo Prazo) e a realidade prática observada das 4 empresas estudadas. Desta forma, as entrevistas exploraram a caracterização dos métodos utilizados nas empresas, as decisões de capacidade tomadas com base nas análises CXD e as limitações e dificuldades encontradas do prisma do processo de tomada de decisão. Uma análise comparativa permitiu perceber que existem diferentes níveis de utilização do conjunto de métodos de Tomada de Decisão. De forma geral, observou-se que os métodos de decisão podem ser utilizados na sua forma plena (conjunto de 3 métodos), ou com uso específico de um ou dois métodos em separado.

O método de Gestão de Rotinas é utilizado em apenas duas das empresas estudadas tendo sua função, essencialmente, auxiliar na formulação de estratégias de atuação de curto prazo (por exemplo: definição de horas extras, terceirização, definição dos turnos de trabalho, etc.).

O método de gestão de melhorias foi identificado em três empresas, na sua forma plena. Em geral, tem sido utilizado em análises de médio prazo relacionadas com a análise e identificação das estratégias focadas em melhorias do gargalo. A gestão de melhorias pode ser caracterizada a partir da noção da necessidade de elaboração de melhorias físicas da fábrica (exemplo: modificações de layout fabril) ou melhorias no fluxo de informação (como por exemplo: *Kanban*). De modo global, o método caracterizou-se como direcionador de decisões de produção no que se refere às melhores formas de utilização dos ativos da empresa.

Já o Método de Estratégico de Longo Prazo está normalmente estruturado para realizar análises de investimento de mais longo prazo. Ele está sendo utilizado de forma plena em 3 das empresas analisadas. Esse método tem por objetivo auxiliar na definição das estratégias que orientam a forma de crescimento da área industrial. Em geral, neste tipo de situação torna-se necessário realizar um conjunto de simulações em termos dos cenários futuros mais prováveis de demanda, bem como as alternativas tecnológicas e ligadas a Engenharia de Produção que pautam as diferentes possibilidades de oferta de capacidade. Para as construções destes cenários, visando tornar mais eficaz a tomada de decisão, é necessário considerar elementos como: comportamento da demanda futura (produtos, volumes e *mix* de

produção), novas tecnologias de processo disponíveis no mercado, capacidade das máquinas (produtividade horária das máquinas), eficiência meta das máquinas (IROG meta), etc.

Dos modelos pesquisados nas 4 empresas pesquisadas conclui-se que, apesar de desejável em função das sinergias passíveis de serem obtidas com a adoção de todos os métodos, cada empresa pode implantar um método independentemente dos demais. Na verdade a análise empírica permitiu perceber que as empresas tendem a utilizar os métodos que parecem contribuir de maneira mais adequada para o respectivo negócio, ou seja, para aquelas decisões a empresa acredita pode ser melhor equacionada com um método (e respectivas ferramentas) de apoio para tomada de decisão.

O método sistêmico de tomada de decisão mostra a possibilidade de interligação entre as decisões de produção. É possível, conjuntamente, partir para a identificação das restrições de produção e a definição da capacidade e da demanda de produção. A partir destas definições é possível formular estratégias de produção para diferentes horizontes de tempo e em distintos níveis de decisão. O uso deste tipo de método em empresas industriais tende a contribuir significativamente para minimizar os erros na tomada de decisão especialmente no que se refere ao melhor uso dos ativos de produção e na adequação da capacidade instalada diante das modificações oriundas da dinâmica do mercado.

5.2 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

As limitações identificadas dessa pesquisa são:

- Não foi possível verificar se todos os passos estabelecidos nos métodos de decisão foram cumpridos na sua íntegra;
- Não foram apresentados na plenitude todos os métodos parciais de tomada de decisão;
- Foram pesquisadas apenas empresas industriais do ramo de autopeças e produção intermitente;

- Não foi analisado o modelo de análise da relação capacidade e demanda utilizada no Sistema Toyota de Produção.

5.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

São as seguintes as sugestões para trabalhos futuros:

- Realizar estudos para verificar como pode ser feitas modificações na modelagem da Ferramenta CXD visando: i) incluir a dimensão ‘pessoas’ para a definição da relação de Capacidade e Demanda; ii) definir a taxa de ganho do gargalo para definição do mix a ser priorizado nas vendas e na produção;
- Analisar o impacto dos erros derivados da previsão de vendas nos resultados da aplicação dos métodos de tomada de decisão considerando diferentes horizontes de tempo;
- Propor um método, tendo como base a Ferramenta CXD, visando à definição do dimensionamento dos estoques em processo e de produtos acabados visando a proteção do sistema de produção em situações particulares do tipo: i) férias coletivas; ii) modificações significativas no macro-leiaute da empresa; iii) política de proteção das restrições;
- Analisar, mais amplamente, o impacto da cultura organizacional e das macros estratégias do negócio, frente as estratégias de ampliação de capacidade comparativamente aos apontamentos gerados pelos métodos de tomada de decisão.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, Marisol Parra. **A Evolução Das Responsabilidades e Atribuições da Função Compras/Suprimentos – Um Estudo de Caso na Indústria Têxtil – Confeção de Santa Catarina.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

ANTUNES, J. A. V. **Em Direção a uma Teoria Geral do Processo na Administração da Produção: Uma Discussão Sobre a Possibilidade de Unificação da Teoria das Restrições e da Teoria que Sustenta a Construção de Sistemas de Produção com Estoque Zero.** Dissertação de Doutorado no PPGA/UFRGS, Porto Alegre. 1998.

ANTUNES, J. A. V.; KLIPPEL, M. **Uma Abordagem para o Gerenciamento das Restrições dos Sistemas Produtivos: A Gestão Sistêmica, Unificada/Integrada e Voltada aos Resultados do Posto de Trabalho.** XXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção e VII International Conference on Industrial Engineering and Operations Managements. Salvador, 2001.

ANTUNES, Junico; ALVAREZ, Roberto; KLIPPEL, Marcelo; BORTOLOTTTO, Pedro; DE PELLEGRIN, Ivan. **Sistemas de Produção – Sistemas e Práticas para Projeto e Gestão da Produção Enxuta.** Porto Alegre: Bookman, 2008.

BERTO, R.M.V.S., NAKANO, D. N. **A Produção Científica nos Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção: Um Levantamento de Métodos e Tipos de Pesquisa.** Produção, v. 9, n. 2, p. 65-76, 2000.

CHAND, G.; SHIRVANI, B. Implementation of TPM in Cellular Manufacture. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 103, p. 149-154, 2000.

DUL, J.; HAK, T. **Case Study Methodology in Business Research.** Burlington: Butterworth-Heinemann, 2008.

FALCONI, V. C. **O Verdadeiro Poder.** São Paulo: INDG, 2009.

GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da Produção e Operações.** 8ª ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** São Paulo: Atlas, 1996.

GOLDRATT, Eliyahu M. **A síndrome do palheiro: garimpendo informação num oceano de dados.** Educator, 1991.

GOLDRATT, Eliyahu M. FOX, Robert A. **A corrida pela vantagem competitiva**. São Paulo: Educador, 1992.

GOLDRATT, E.; FOX, J. **A meta: um processo de aprimoramento contínuo**. São Paulo: Educador, 1997.

HAYES, Robert; PISANO, Gary; UPTON, David; WHEELWRIGHT, Steven. **Produção, Estratégia e Tecnologia: em Busca da Vantagem Competitiva**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

HOPP, Wallace J.; SPEARMAN, Mark L. **Factory Physics: foundations of manufacturing management**. 2ª ed. New York: McGraw-Hill, 2000.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Indicadores de volumes e Valores Correntes. 10/março/2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1330&id_pagina=1>. Acesso em: 10/12/2009.

JONSSON, P.; LESSHAMMAR, M. **Evaluation and Improvement of Manufacturing Performance Measurement Systems – The Role of OEE**. International Journal of Operations & Production Management, v. 19, n. 1, p. 55-78, 1999.

KLIPPEL, A. F.; KLIPPEL, M.; ANTUNES JR., J. A. V.; BOEIRA, P. R. **Proposta de Metodologia para a Análise de redução de Capacidade e Demanda nas Empresas Industriais**. XXIII ENEGEP, Ouro Preto, MG, 2003.

KLIPPEL, M.; KLIPPEL, A. F.; ANTUNES JR., J. A. V.; JORGE, R. R.; CASSEL, R. **O desdobramento do índice do rendimento operacional global (IROG) como pilar de sustentação para abordagem da gestão dos postos de trabalho (GPT) para sistemas produtivos**. Anais do Simpósio sobre Excelência em Gestão e Tecnologia. Resende: 2004.

LI, E. Y.; BIGGS, J. R.; THIES, E. A. **Managing Constrained Capacity: a Simulation Study**. Int. J. Internet and Enterprise Management, V. 3, n. 4, 2005.

MCNAIR, C.J.; POLUTNIK, L.; JOHNSTON, H.; AUGUSTYN, J.; THOMAS, C. ; EPSTEIN, M. **Shifting perspectives: accounting, visibility, and management action**. Advances in Management Accounting, V. 10, p. 1-38, 2003.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de Marketing: Metodologia e Planejamento**. São Paulo: Atlas, 1996.

NAKAJIMA, S. **Introduction to TPM**. Productivity Press. Cambridge: MA, 1989.

OHNO, TAIICHI. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala/ Taiichi Ohno; trad. Cristina Schumacher**. Porto Alegre, 1997.

PENROSE, E. **The theory of the growth of the firm**. Londres: Basil Blackwell, 1959.

PORTER, Michael E. **Estratégia Competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência**. Rio de Janeiro: Campus, 1986.

RODRIGUES, L. H. **Apresentação e Análise Crítica da Tecnologia da Produção Otimizada (Optimized Production Technology - OPT) e da Teoria das Restrições (Theory Of Constraints - TOC)**, In: Encontro da Associação Nacional de Programas de Pós-Graduação em Administração, XIV, Florianópolis, 1990.

ROESCH, Sylvia M. A. **Projetos de estágio do curso de administração: guia para pesquisas, projetos e trabalhos de conclusão de curso**. São Paulo: Atlas, 1999.

SKINNER, W. **Manufacturing – Missing Link in Corporate Strategy**. Harvard Business Review. Boston, Vol. 47 (3), p.136-145, May-June. 1969.

SOUZA, C. V. **Análise Teórica dos Requisitos e Planos de Produção Gerados por um Sistema Tipo MRPII e outro de Planejamento Fino de Produção**. Dissertação de Mestrado no PPGEP - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

TAVARES, L. **Excelência na Manutenção: Estratégias, Otimização e Gerenciamento**. Salvador, BA: Casa da Qualidade, 1996.

WATTS, T.; MCNAIR, C. J.; BAARD, V.; POLUTNIK, L. **Structural limits of capacity and implications for visibility**. Journal of Accounting & Organizational Change, V. 5, n. 2, p. 294-312, 2009.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ZAEH, M. F.; MUELLER, N. **A Modeling approach for evaluating capacity flexibilities in uncertain markets**. International Journal of Flexible Manufacturing Systems, V. 9, n. 3, 2007.

ANEXO I:

**MODELO PARA TOMADA DE DECISÃO NOS SISTEMAS
PRODUTIVOS A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DE UMA
FERRAMENTA CAPACIDADE VERSUS DEMANDA**

I. PERFIL DO RESPONDENTE

1. Descrição do entrevistado:
 - a. Qual a área em que atua?
 - b. Qual o cargo que ocupa na empresa?

II. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

2. Descrição da empresa:
 - a. Qual a quantidade de itens no portfólio?
 - b. Qual sistema de programação é utilizado pela empresa?
 - c. A quanto tempo sua empresa utiliza a Ferramenta CxD?

III. AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA CxD

3. Cite quais foram as principais dificuldades para a implantação da Ferramenta CxD na empresa em que atua? Descreva o processo de implantação.

4. Cite quais são as principais dificuldades de uso da Ferramenta CxD?

5. Quais limitações você identifica na aplicação da Ferramenta CxD?

6. Cite ao menos 5 aplicações (decisões) para a Ferramenta CxD.

7. Qual o grau de acuracidade que você atribui a Ferramenta CxD? Quais são os principais itens que dificultam a acuracidade da Ferramenta CxD? Justifique.

8. Você acredita que a Ferramenta CxD auxilia no processo de melhoria da capacidade produtiva de sua empresa? Explique como.

9. Como eram definidas a capacidade fabril antes do uso da Ferramenta CxD na sua empresa? E, quais os principais ganhos que você identifica com o uso dessa ferramenta?

ANEXO II:

**MODELO PARA TOMADA DE DECISÃO NOS SISTEMAS
PRODUTIVOS A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DE UMA
FERRAMENTA CAPACIDADE VERSUS DEMANDA**

IV. PERFIL DO RESPONDENTE

10. Descrição do entrevistado:
- a. Qual a área em que atua?
 - b. Qual o cargo que ocupa na empresa?

V. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

11. Descrição da empresa:
- a. Qual o número de funcionários?
 - b. Qual o faturamento anual da sua empresa?
 - c. Qual percentual sobre o faturamento sua empresa re-investe em aumento de capacidade?

VI. AVALIAÇÃO DA TOMADA DE DECISÃO

12. Como a sua empresa identifica a capacidade de produção? E, a restrição da fábrica? Utiliza a Ferramenta CxD? Justifique.

13. Como a sua empresa identifica as ações possíveis para ampliação de capacidade? Utiliza a Ferramenta CxD? Justifique.

14. Como a sua empresa define (identifica) quais investimentos são necessários para ampliação de capacidade fabril? Como é utilizada a Ferramenta CXD neste sentido? Há uma área foco para sua aplicação?

15. Considerando que para ampliar a capacidade da área foco tenha-se diferentes alternativas, como a sua empresa prioriza, entre as alternativas possíveis, os investimentos ou melhorias necessárias para aumento de capacidade fabril de longo prazo? Como são comparadas as diferentes alternativas existentes?

16. Como a sua empresa define o Plano Mestre de Produção? Faz uso da Ferramenta CxD? Justifique.

17. Como a sua empresa define a quantidade de turnos de trabalho necessários? E o número de funcionários? Faz uso da Ferramenta CxD? Justifique.

18. Você consulta a relação da capacidade e demanda, localização do gargalo, antes de definir a aquisição de um novo equipamento? Justifique.

19. Cite ao menos 5 aplicações (decisões) para a Ferramenta CxD.

20. Cite quais são as principais dificuldades de uso da Ferramenta CxD nos diferentes processos decisórios da empresa?

ANEXO V

Interface da Ferramenta CXD utilizada pela Empresa C.

