

ANDERSON FERREIRA MARTINS

**UM MODELO PARA AVALIAÇÃO DA
VIABILIDADE ECONÔMICA DA CRIAÇÃO DE
ESTOQUES VISANDO A REDUÇÃO DO *LEADTIME*
DE ENTREGA**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Informática Aplicada da Pontifícia
Universidade Católica do Paraná como
requisito parcial para obtenção do título
de Mestre em Informática Aplicada.

CURITIBA

2002

ANDERSON FERREIRA MARTINS

**UM MODELO PARA AVALIAÇÃO DA
VIABILIDADE ECONÔMICA DA CRIAÇÃO DE
ESTOQUES VISANDO A REDUÇÃO DO *LEADTIME*
DE ENTREGA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada da Pontifícia Universidade Católica do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Informática Aplicada.

Área de Concentração:

Otimização de Sistemas Produtivos

Orientador:

Prof. Dr. Ricardo Ferrari Pacheco

CURITIBA

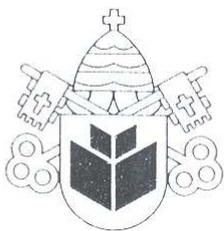
2002

Martins, Anderson Ferreira

Um Modelo para Avaliação da Viabilidade da criação de estoques visando a redução do *leadtime* de entrega, 2002. 117p.

Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná.
Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada.

1. *Assembly to Order* 2. Estoque 3. Gestão da Demanda, 4. Busca tabu.
Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Centro de Ciências Exatas e de
Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada.



Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada

ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA APLICADA
DA PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ

DEFESA DE DISSERTAÇÃO Nº 055

Aos 26 dias do mês de março de 2002 realizou-se a sessão pública de defesa da dissertação “Um Modelo para Avaliação da Viabilidade Econômica da Criação de Estoques Visando a Redução do Leadtime de Entrega”, apresentada por Anderson Ferreira Martins como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Informática Aplicada, perante uma Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Ricardo Ferrari Pacheco
PUCPR (Presidente)

assinatura

parecer (aprov/ reprov.)

Prof. Dr. Marco A. B. Cândido
PUCPR

Prof. Dr. Fabio Favaretto
PUCPR

Prof. Dr. Anselmo Chaves Neto
UFPR

Conforme as normas regimentais do PPGIA e da PUCPR, o trabalho apresentado foi considerado aprovado (aprovado/reprovado), segundo avaliação da maioria dos membros desta Banca Examinadora. Este resultado está condicionado ao cumprimento integral das solicitações da Banca Examinadora, conforme registrado no Livro de Defesas do programa.

Prof. Dr. Carlos Maziero
Diretor do PPGIA PUCPR

Data e assinatura, após homologação da defesa pelo colegiado.

À minha esposa Carla, pelo amor, pelo companheirismo, pelo incentivo, pelo sorriso e pelas horas de lazer que deixei de estar com ela para fazer este trabalho.
Muito Obrigado por tudo!

Agradecimentos

Agradeço a Deus por me abençoar, colocando pessoas na minha vida que me incentivam e acreditam em meu potencial.

Aos meus pais Mario e Marlene, a minha sogra Dirce, a minha irmã Milene, as minhas cunhadas Andréia, Solange, Lúcia, Márcia, aos meus cunhados Moacyr, Dair, Gerson e aos meus sobrinhos Alan, Alex, Anna Lina, Guilherme, Camila e Hariadny que mesmo sem perceberem me ajudaram muito, incentivando e dando muitas alegrias. A minha família em geral que sempre acreditou em mim, em especial a minha avó Emília e meus tios Acir e Lucia, por terem sido meus incentivadores e colaboradores. Obrigado por terem compreendido minhas ausências e por acreditarem em mim.

Aos meus amigos Neves, Ronilson, Fabiana, Alessandra, Miguel, Cris e Beth.

Ao Professor Dr. Ricardo, obrigado pela orientação dada.

Ao Programa de Pós-graduação de Informática Aplicada da Pontifícia Universidade Católica do Paraná pela oportunidade da realização do mestrado. Aos professores, em especial ao professor Dr. Cândido e ao professor Dr. Maziero, e aos funcionários em especial a Fabiana.

A Cargraphics e ao Dr. Alfonso, por ter me apoiado e liberado de vários dias de trabalho. Muito Obrigado!

Enfim, a todos que de alguma forma acompanharam esta etapa na minha vida.

Sumário

<i>Lista de Figuras</i>	ix
<i>Lista de Tabelas</i>	x
<i>Lista de Abreviaturas</i>	xi
<i>Resumo</i>	xii
<i>Abstract</i>	xiii
<i>Capítulo 1</i>	1
<i>Introdução</i>	1
1.1 Desafio	3
1.2 Motivação	3
1.3 Proposta	4
1.4 Contribuição	4
1.5 Objetivo da Pesquisa	4
1.6 Escopo da Pesquisa	5
1.7 Organização	5
<i>Capítulo 2</i>	6
<i>Revisão Bibliográfica</i>	6
2.1 Introdução	6
2.2 Estratégias para competitividade	7
2.3 Estratégias de Gestão de Demanda	14
2.4 Estratégias voltadas à Velocidade	22
2.1.1 Ações que visam reduzir os tempos produtivos (P)	30

2.1.2	Ações que visam reduzir o tempo de demanda (D)	34
2.5	Análise econômica da decisão de estocar visando velocidade como vantagem competitiva	37
2.6	Conclusão	39
Capítulo 3		40
Modelo Proposto		40
3.1	Descrição do problema	40
3.1.1	Objetivo	41
3.1.2	Hipóteses	41
3.2	Descrição resumida da metodologia	42
3.3	Modelagem Matemática do Problema	42
3.4	Criação de Estruturas e Bases de Dados	46
3.5	Uma heurística de passo único para solução do problema.	48
3.6	Implementação da heurística proposta e obtenção de uma solução randômica	50
3.7	Solução do Problema baseada em Busca Tabu	50
3.8	Conclusão	55
Capítulo 4		56
Resultados Obtidos		56
4.1	Testes da Heurística e Resultados Preliminares Obtidos	56
4.1.1	Análise do gerador de BOM	56
4.1.2	Análise de sensibilidade da heurística	57
4.1.3	Análise da Heurística de passo único comparada aos resultados do gerador randômico e da busca tabu	59
4.2	Conclusão	60
Capítulo 5		61
5.1	Conclusão	61

5.2	Trabalhos futuros	62
	<i>Referências Bibliográficas</i>	63
	<i>Apêndice A</i>	67
	<i>Telas do programa</i>	67
A.1	Tela Base - Parâmetros e geração da Base	67
A.2	Tela Heurística – Análise de Sensibilidade	68
A.3	Tela Heurística - Comparativo	69
	<i>Apêndice B</i>	70
	<i>Código do programa</i>	70
B.1	Parte do código desenvolvido em Delphi6	70
B.2	Parte do código desenvolvido em InterBase6	81

Lista de Figuras

<i>Figura 2.1 Os cinco objetivos de desempenho: aspectos internos e externos [SER96].....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 2.2 As cinco forças competitivas que determinam a competição na indústria segundo Porter [POR89].....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 2.3 Típico Ciclo de manufatura para MTS [SER96]</i>	<i>26</i>
<i>Figura 2.4 Típico Ciclo de manufatura para MTO [SER96]</i>	<i>26</i>
<i>Figura 2.5 Relação entre o Tempo de Ciclo P e os Tempos de Ciclo D [SER96].....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 2.6 Modelo proposto por [SLA93]:Relação entre Velocidade e outros objetivos de desempenho; Benefícios externos decorrentes do aumento de velocidade</i>	<i>29</i>
<i>Figura 3.1 Exemplo da estrutura da BOM.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 3.2 Algoritmo básico de busca tabu [GLO97]</i>	<i>52</i>
<i>Figura 3.3 Exemplo da representação dos componentes.</i>	<i>54</i>

Lista de Tabelas

<i>Tabela 2.1 Objetivos de desempenho prioritários [SER96]</i>	9
<i>Tabela 2.2 Ciclo P: Tempo Total do Fluxo de Operação [SER96]</i>	25
<i>Tabela 3.1 Regras para se gerar a BOM</i>	47
<i>Tabela 4.1 Resultados do gerador de BOM</i>	57
<i>Tabela 4.2 Análise de Sensibilidade dos resultados da Heurística</i>	57
<i>Tabela 4.3 Resultados de Tempo da Heurística X Quantidade de Relacionamentos</i>	58
<i>Tabela 4.4 Resultados da heurística de passo único, do gerador randômico e da heurística baseada em busca tabu</i>	59

Lista de Abreviaturas

AHP	Processo de Hierarquia Analítica
AMS	Sistema de Manufatura Avançada
ATO	<i>Assembly to Order</i> (montagem final a partir da ordem de produção)
BOM	<i>Bill of Material</i> (lista de materiais)
BT	Busca Tabu
CAPM	Modelo de Preço Assistido pelo Capital
ETO	<i>Engineer to Order</i> (engenharia do produto feita a partir da ordem de produção)
JIT	<i>Just in Time</i> (atender a demanda no tempo que ela é requerida)
LT	<i>Leadtime</i> (intervalo de tempo)
MP	Matéria Prima
MPS	<i>Master Planning Scheduling</i> (planejamento de produção a longo prazo)
MTO	<i>Make to Order</i> (feito a partir da ordem de produção)
MTS	<i>Make to Stock</i> (produzido para estocar)
PA	Produto Acabado
PSA	Produto Semi-Acabado
TCT	Tecnologia de Compressão de Tempo
TRF	Troca Rápida de Ferramentas
UB	<i>Uper Bound</i> (limite superior)

Resumo

A decisão sobre a escolha da estratégia de gestão de demanda nas empresas é geralmente feita de modo empírico, sem uma análise detalhada dos custos e vantagens envolvidas em cada uma das alternativas. Neste trabalho propõe-se um modelo matemático com objetivo de auxiliar a avaliação da viabilidade econômica da mudança da estratégia Make-to-order para Assembly-to-order. O objetivo é analisar a viabilidade da decisão de se reduzir o tempo de atendimento das solicitações dos clientes por meio da fabricação antecipada e estocagem de produtos semi-acabados, considerando os ganhos e custos envolvidos.

Inicialmente é apresentado um resumo da bibliografia relacionada a estratégias e vantagens competitivas, bem como modelos de gestão da demanda. Os principais artigos relacionados às vantagens e dificuldades do modelo *Assembly-to-order* de gestão da demanda são apresentados.

O problema é modelado matematicamente e são propostas duas heurísticas para a solução do problema: uma heurística de passo único e outra baseada em busca tabu. As heurísticas propostas foram testadas demonstrando que a busca tabu apresenta os melhores resultados em tempo computacionalmente viável.

Palavras-Chave: *Assembly to Order*, Estoque, Gestão da Demanda, Busca tabu.

Abstract

The decision on the choice of the strategy of demand administration in the companies is usually made in an empiric way, without a detailed analysis of the costs and advantages involved in each one of the alternatives. In this work intends a mathematical model with objective of aiding the evaluation of the economical viability of the change of the strategy Make-to-order for Assembly-to-order. The objective is to analyze the viability of the decision of being reduced the time of attendance of the customers' solicitations through the premature production and stock of products semi-finishes, considering the earnings and involved costs.

Initially the summary is presented from the bibliography related to strategies and competitive advantages, the well the models of administration of the demand. You begin them articles related to the advantages and difficulties of the model Assembly-to-order of administration of the demand they are presented.

The problem is modeled mathematically and are proposed two heuristic for the solution of the problem: a heuristic of only step and another based on tabu search. The heuristic ones proposed they were tested demonstrating that the tabu search presents quite good results in viable computing time.

Keywords: Assembly-to-order, stock, administration of the demand, tabu search.

Capítulo 1

Introdução

Segundo Slack em [SLA99] nenhuma organização pode planejar em detalhes todos os aspectos de suas ações atuais ou futuras, mas podem ter a noção de onde desejam chegar e de como podem chegar lá. Com outras palavras, todas as organizações precisam de alguma direção estratégica.

É necessário considerar o que se entende pelo termo estratégia. Estratégia é um método criado para conduzir os negócios e a produção, visando o aumento da competitividade. Algo que se assume quando uma organização articula sua estratégia é que ela tomará um conjunto de ações ao invés de outro – que ela tomou decisões que comprometem a organização com um conjunto específico de ações. Pelo termo estratégia em geral entende-se as decisões que:

- Têm efeito abrangente e por isso são significativas na parte da organização à qual a estratégia se refere;
- Definem a posição da organização relativamente a seu ambiente;
- Aproximam a organização de seus objetivos de longo prazo.

Conforme [SLA99] a estratégia de manufatura deve direcionar mudanças no processo produtivo na direção em que, no balanço final, mais provavelmente proporcione um desempenho de manufatura que melhor apóie a estratégia competitiva da empresa.

A construção de um conjunto de metas e objetivos para a manufatura é uma questão de traduzir as necessidades (atuais e potenciais) dos consumidores em termos que signifiquem

algo para ele. Envolve, por exemplo, decidir se o preço é mais importante para os consumidores do que o tempo de entrega, ou a faixa de produtos, ou a confiabilidade de entrega, ou outro critério. Se preço é o fator mais importante, quanto mais importante é? E qual é o segundo mais importante fator? Como os consumidores valorizam as características com as quais a Manufatura pode contribuir ao desempenho da operação? Uma resposta comum a essa questão é a afirmação de que todos os aspectos do desempenho são importantes para os consumidores, mas não igualmente importantes. Alguns devem ter uma significância maior para uma parcela de consumidores do que outros.

É o consumidor então, que deve direcionar a estratégia de manufatura. Suas necessidades deveriam ser as necessidades da manufatura, as suas preocupações deveriam ser as preocupações da manufatura. Raramente as preocupações dos consumidores são estáticas. Elas mudam com as próprias prioridades competitivas dos consumidores e também dependem das atividades dos concorrentes. O que era visto como desempenho aceitável, antes, poderá tornar-se inadequado pelo aumento no padrão de desempenho de um concorrente ou da indústria como um todo.

Se a primeira parte da contribuição da manufatura para a competitividade é entender as necessidades do consumidor e conformar os seus valores correspondentemente, a segunda parte é atingir os níveis de desempenho que a fazem proeminente aos olhos dos seus consumidores. Ainda que o consumidor seja quem deva ser impressionado pelo desempenho da operação, não é contra os padrões dos consumidores que o desempenho deveria ser julgado – é contra o desempenho dos concorrentes.

Deve-se lembrar que a meta é desenvolver uma operação de manufatura que possa dar à empresa uma vantagem preponderante no seu mercado. Na verdade, vários aspectos fundamentais da competitividade estão claramente dentro do campo de atuação da função da manufatura. Ela tem influência direta sobre os aspectos do desempenho competitivo, como confecção de produtos sem erros, entregas rápidas ao consumidor, manutenção dos prazos prometidos de entregas, habilidade de introduzir novos produtos em prazos adequados, oferecimento de uma faixa de produtos larga o suficiente para satisfazer as exigências dos consumidores, habilidade de modificar quantidades ou datas de entrega conforme a demanda do consumidor. A manufatura determina também a habilidade de a empresa oferecer produtos a preços que, ou batem a concorrência, ou possibilitam maior margem de lucro, ou ambos. Na verdade, a manufatura é à base da competitividade para grande parte das organizações.

1.1 Desafio

A crescente pressão competitiva tem obrigado as empresas a buscarem alternativas que propiciem tanto a redução nos prazos de atendimento quanto à redução de custos (dentre os quais o de estocagem) em toda a cadeia produtiva, conforme apresentado em [MAS99].

Formulações de estratégias de manufatura têm sido desenvolvidas e muitos critérios para julgar as estratégias resultantes têm sido sugeridos, com o objetivo de ajudar as organizações a atender às necessidades do mercado. Não se encontra na literatura pesquisada, trabalhos que tratem de modelar matematicamente a localização de estoques intermediários ou o impacto na redução do tempo de entrega.

Em outras palavras, verifica-se que não foram desenvolvidas pesquisas que proponham quantificar os ganhos em moeda obtidos com a mudança da estratégia *Make to Order* (MTO) para *Assembly to Order* (ATO), ou seja, a criação de estoque como fator de competitividade.

1.2 Motivação

Apesar de vários autores escreverem sobre redução dos tempos percebidos pelo cliente como vantagem competitiva, a literatura ainda carece de ferramentas que permitam à empresa identificar a melhor estratégia de produção, quantificando vantagens e desvantagens da criação de estoques de produtos semi-acabados como arma competitiva sustentável a longo prazo.

É importante citar que a criação deliberada de estoques em processo tornou-se nos últimos tempos um tabu para as empresas. O método *Just in Time* (JIT) visto em [OHN97], e mais recentemente a manufatura enxuta vista em Womack [WOM98], apregoam os custos de se operar com altos estoques em processo. Por outro lado, a adoção da estratégia ATO é viável para muitas empresas, contradizendo a tendência geral acima citada.

Identifica-se que muitas empresas possuem produtos com grande número de componentes comuns, onde a adoção da estratégia ATO é uma possibilidade a ser estudada.

Assim, o interesse atual e a crescente importância do tema, combinados com a carência de literatura sistematizada são os fatores que motivaram o desenvolvimento deste projeto de pesquisa.

1.3 Proposta

Neste trabalho propõe-se um modelo matemático com objetivo de se auxiliar a avaliação da viabilidade econômica da mudança da estratégia MTO para ATO. O objetivo é avaliar se a criação de estoques para alguns produtos semi-acabados é vantajosa, propiciando a redução de tempo de entrega ao cliente a um custo de aumento de estoques intermediários.

1.4 Contribuição

Neste trabalho será abordado um aspecto pouco explorado na literatura: um modelo matemático para avaliar a criação de estoques de uma parte dos produtos semi-acabados como fator de competitividade.

O trabalho procura abranger um *gap*(falha) existente nas empresas, nas quais este tipo de análise tem sido feita de modo empírico.

Também será desenvolvido um gerador de *Bill of Material* (lista de materiais) com características de hierarquia próximas a realidade das indústrias. Este gerador poderá representar diferentes tipos de indústrias, portanto diferentes problemas, tornando-se uma ferramenta valiosa para utilização em novas pesquisas.

1.5 Objetivo da Pesquisa

O objetivo desta pesquisa consiste em responder à seguinte pergunta: fazer estoque de produtos semi-acabados é uma maneira economicamente viável de aumentar o ganho de competitividade com base no tempo?

O objetivo é definir um modelo matemático de auxílio à decisão às empresas interessadas em reduzir o tempo de entrega baseada em estoques como meio de conseguir vantagem competitiva.

1.6 Escopo da Pesquisa

O modelo enfoca a redução do tempo de atendimento das solicitações dos clientes no que se refere à velocidade de entrega de produtos, utilizando-se estoques intermediários *versus* o custo desses estoques, em empresas predominantemente manufatureiras.

1.7 Organização

Nessa seção apresenta-se a estrutura dessa dissertação. Este trabalho está organizado em cinco capítulos dispostos da seguinte forma:

No primeiro capítulo são apresentados os objetivos e a contribuição desse trabalho, bem como a estrutura de organização dessa dissertação.

No capítulo II foi conduzida uma revisão bibliográfica para identificar as abordagens acerca de estratégias de manufatura e gestão de estoques relacionadas ao problema da competição com base no tempo.

No capítulo III são descritos o modelo matemático de apoio à decisão, os passos da metodologia.

O capítulo IV apresenta os resultados obtidos com a análise dos resultados.

No capítulo V são apresentadas as conclusões obtidas com o trabalho e as recomendações para trabalhos futuros.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

2.1 Introdução

Baseando-se na literatura relevante, foram identificadas as categorias teóricas que influenciam os desempenhos de empresas que competem com base no tempo.

A pesquisa desenvolvida por Serson em [SER96] faz uma análise comparativa entre artigos e uma análise crítica, onde se identifica, na visão de cada autor, o porquê de competir com base no tempo.

Nos últimos anos tem havido um movimento crescente de revalorização do papel da produção no alcance dos objetivos estratégicos da organização. A área de estratégia de produção tem sido considerada por acadêmicos e profissionais como um elemento altamente contribuinte para o aumento da competitividade das organizações.

Segundo Corrêa em [COR93], as razões por trás deste renovado interesse podem ser classificadas em três categorias principais:

- A crescente pressão por competitividade que o mercado mundial tem demandado das empresas, com a queda de importantes barreiras alfandegárias protecionistas e o surgimento de novos concorrentes altamente competitivos;
- O potencial competitivo que representa o recente desenvolvimento de novas tecnologias de processo e de gestão, como os sistemas gerenciais integrados por

computador, as redes de comunicação eletrônicas e a tecnologia de informática. Novas abordagens gerenciais são necessárias para suportar as novas tecnologias;

- O recente desenvolvimento de um melhor entendimento do papel estratégico que a produção pode e deve ter no alcance dos objetivos da organização.

A estratégia está relacionada com o direcionamento geral da empresa através da configuração de um padrão coerente de decisões que pode influenciar mais ou menos a prioridade dada ao tempo. Influencia, portanto, a redução do tempo total de ciclo de forma global.

Vários autores concordam que o principal objetivo da estratégia de produção é o aumento da competitividade da organização. Alguns autores vistos em [SER96] sugerem modelos hierárquicos através dos quais a estratégia corporativa direciona a estratégia de negócio que, por sua vez, direciona a estratégia de produção.

2.2 Estratégias para competitividade

Brassler em [BRA01] afirma que a indústria necessita para ser competitiva é habilitar-se para as expectativas de mercado. Isto envolve identificar as decisões críticas de estratégias para a produção, sujeitas a um processo de avaliação para estabelecer sua efetividade econômica. Uma estratégia de produção compreende objetivos e áreas de decisão. Os objetivos são critérios competitivos que a organização pretende alcançar para aumentar sua competitividade no mercado.

As áreas de decisão são conjuntos de decisões gerenciais a respeito dos recursos operacionais, ou seja, recursos humanos, tecnológicos e sistemas que influenciam o desempenho da organização em relação ao alcance de seus objetivos.

De maneira geral, os autores parecem concordar sobre os principais objetivos que os sistemas de produção devem perseguir. No entanto, a terminologia que eles utilizam varia muito tornando difíceis comparações precisas.

Wild em [WIL90] divide os objetivos em dois grupos: aqueles relacionados com serviços ao cliente e aqueles relacionados com a produtividade dos recursos. Em termos de serviços ao cliente são identificados três principais fatores competitivos: “especificação do produto”, “custo” e “tempo de entrega”. Já a produtividade dos recursos se refere à eficiência

de utilização dos recursos. Wild também sugere que além do nível atingido também seja considerada a confiabilidade de cada fator.

Na visão de [SER96] as organizações utilizam quatro dimensões para competir: custo, qualidade dos produtos e serviços, confiabilidade de fornecimento (pontualidade) e flexibilidade (serviço que inclui habilidade de acomodar variações no produto ou serviço), disponibilidade de peças sobressalentes, serviços de campo, entre outros.

A visão composta dos objetivos identificados na literatura resulta nas seguintes prioridades competitivas, com adaptações de terminologia:

- Custo: fabricação e distribuição de produtos com baixo custo;
- Confiabilidade de Custo: atendimento ao custo requerido ou exigido;
- Produtividade: melhor utilização da tecnologia de processo e recursos de trabalho e material;
- Qualidade do Produto: fabricação de produtos com alto desempenho e conformidade aos padrões;
- Linha de Produtos: fabricação de uma linha adequada de produtos;
- Inovação: introdução de novos produtos e processos;
- Velocidade de Entrega: reagir rapidamente às ordens colocadas pelos clientes;
- Confiabilidade de Entrega (Pontualidade): atendimento a programas ou promessas de entrega;
- Flexibilidade: mudar rapidamente o que está sendo feito.

A tabela 2.1 ilustra as prioridades competitivas dos autores estudados em [SER96]. Uma rápida análise desta tabela mostra que existem basicamente três prioridades competitivas que estão presentes na lista de todos os autores: custo, qualidade do produto e confiabilidade de entrega (pontualidade). A velocidade de entrega e a flexibilidade são fatores competitivos que estão presentes na maior parte das listas dos autores.

Observa-se, estranhamente, que apenas Wild cita a produtividade como objetivo prioritário, quando ele é de fato um resumo dos outros.

Tabela 2.1 Objetivos de desempenho prioritários [SER96]

	<i>Wild</i>	<i>Buffa</i>	<i>Hill</i>	<i>Skinner</i>	<i>Fine & Hax</i>	<i>Hayes et al.</i>	<i>Slack</i>
Custo	X	X	X	X	X	X	X
Confiabilidade de custo	X						
Produtividade	X						
Qualidade do produto	X	X	X	X	X	X	X
Linha de produtos			X			X	
Inovação						X	
Velocidade de entrega	X		X	X	X	X	X
Confiabilidade de entrega	X	X	X	X	X	X	X
Flexibilidade		X		X	X	X	X

Serson apresenta em [SER96] os aspectos e objetivos internos e externos associados à estratégia de operações. O desempenho interno está relacionado à eficiência do processo produtivo, ou seja, o grau de atendimento dos indicadores de desempenho da operação. Já o desempenho externo está relacionado ao atendimento dos indicadores de desempenho associados às expectativas do consumidor final, ou seja, o desempenho que o cliente vê ou percebe.

A figura 2.1 ilustra os aspectos internos e externos dos objetivos de desempenho identificados.



Figura 2.1 Os cinco objetivos de desempenho: aspectos internos e externos [SER96].

A implicação é que não se trata de saber quais dos objetivos internos de desempenho são importantes, mas por que cada objetivo interno é importante, e de que maneira ele contribui para o desempenho, tanto interno quanto externo, e como o desempenho pode ser aperfeiçoado.

A busca de um objetivo de desempenho externo, como baixo tempo de entrega, por exemplo, pode ser feita diretamente através do aumento da velocidade de fluxo, ou com a criação de estoques de produtos acabados, que é considerada uma relação trivial ou indiretamente através da melhoria da qualidade, aumento de flexibilidade ou aumento de confiabilidade de entrega que são consideradas relações não-triviais.

Slack em [SLA93] afirma que fazer as coisas melhor do que a concorrência é a única forma de garantir a sobrevivência competitiva a longo prazo. **Fazer melhor** significa cinco coisas:

- **Fazer certo** – não cometer não conformidades, fazer produtos que realmente sejam o que devem ser, produtos conformes e sempre de acordo com as especificações de projeto. Seja qual for a forma como isso é posto, através desse conceito a manufatura dá uma **vantagem competitiva de qualidade** para a empresa.
- **Fazer rápido** – fazer com que o intervalo de tempo entre o início do processo de manufatura, e a entrega do produto ao cliente, seja menor do que o da concorrência. Através disso a manufatura proporciona uma **vantagem de velocidade** à empresa.
- **Fazer pontualmente** – manter a promessa de prazos de entrega. Isso implica estar apto a estimar datas de entrega com acuidade (ou, alternativamente, aceitar as datas de entrega solicitadas pelo cliente), comunicar estas datas com clareza ao cliente e, por fim, fazer a entrega pontualmente. Com isso, a manufatura dá à empresa a **vantagem da confiabilidade**.
- **Mudar o que está sendo feito** – ser capaz de variar e adaptar a operação, seja porque as necessidades dos clientes são alteradas, seja devido a mudanças no processo de produção, causadas, entre outras causas, por mudanças no suprimento dos recursos. Significa estar apto a mudar o quanto seja necessário e com rapidez suficiente. Com isso, a função da manufatura dá à empresa a **vantagem da flexibilidade**.
- **Fazer barato** – fazer todos os produtos a custos mais baixos do que os concorrentes conseguem administrar. A longo prazo, a única forma de conseguir isto é através da obtenção de recursos mais baratos. Com isso, a Manufatura dá à empresa uma **vantagem de custo**.

Um alto nível de desempenho de **qualidade** interna não apenas assegura que os produtos da empresa atinjam o consumidor livre de erros, mas também melhora outros aspectos do desempenho interno, mais notadamente velocidade, confiabilidade e custos.

Competir baseado em tempo diz respeito a atender as necessidades reais e potenciais dos consumidores em prazos menores que a concorrência. O tempo ganho é um investimento na satisfação do consumidor e possivelmente na redução dos custos da manufatura. A questão

envolve a decisão de com que velocidade pode-se entregar um produto de qualidade e quanto isso irá custar.

Confiabilidade significa cumprir as promessas de entrega – honrar o contrato de entrega com o cliente. É a outra metade do desempenho de entrega, junto com a velocidade de entrega. Estes dois objetivos de desempenho estão sempre ligados de alguma forma.

Os clientes podem fazer alguma tentativa de especificar também confiabilidade (pelo uso de cláusulas que gerem penas para o atraso na entrega, por exemplo).

A **flexibilidade** tornou-se uma das virtudes da manufatura mais em moda. Mercados turbulentos, concorrentes ágeis e rápidos desenvolvimentos em tecnologia forçaram administração da manufatura a reavaliar sua habilidade de modificar o que faz e como faz.

A manufatura de baixo **custo** é uma meta legítima e desejável para a manufatura, mesmo quando o sucesso competitivo não é prioritariamente uma questão de vencer a concorrência nos preços. Não implica menosprezo por sua importância o tratamento dos assuntos de custo somente após o exame dos objetivos de qualidade, velocidade, confiabilidade e flexibilidade. Ao contrário, o custo está no centro dos objetivos da manufatura como o atributo que causa impacto direto no resultado financeiro. Melhorar a qualidade dos produtos, o tempo de entrega, a pontualidade de entrega e a flexibilidade operacional têm impacto nos resultados em termos de receitas. A influência da redução dos custos de manufatura, porém, é imediata e direta. Mais do que isso, a manufatura é claramente identificada na consciência corporativa como tendo a responsabilidade por parte significativa dos custos operacionais.

Embora os objetivos da manufatura devam ser primariamente ditados pelas prioridades competitivas, o desempenho em custos será importante, não importa em que você concorre. Não apenas porque ele pode permitir preços mais baixos, o que pode aumentar significativamente a competitividade, mas porque pode aumentar diretamente as margens de contribuição da operação.

Porter em [POR89] apresenta na figura 2.2 as cinco forças competitivas que determinam a competição na indústria. Afirma que as cinco forças competitivas determinam a lucratividade da indústria porque fixam os preços que as empresas podem cobrar, os custos que têm de suportar e o investimento necessário para competir. A ameaça de novas empresas limita o potencial de lucro geral na indústria porque essas novas empresas trazem nova capacidade e buscam uma parcela do mercado.

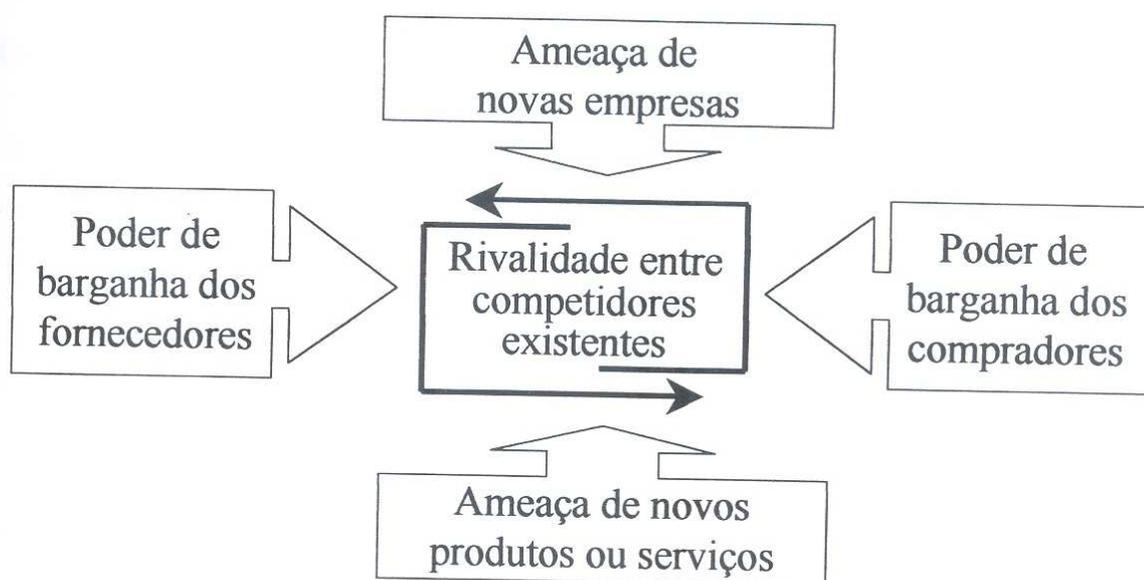


Figura 2.2 As cinco forças competitivas que determinam a competição na indústria segundo Porter [POR89].

Segundo Corrêa em [COR93] em termos históricos, algumas tendências gerais dos objetivos de desempenho apontados pela literatura podem ser observadas. Nos anos 40 e 50, o custo apareceu como objetivo estratégico prioritário. A partir da metade dos anos 60, a qualidade também começou a ser considerada prioridade. A partir dos anos 80, ocorreu uma tendência de priorizar juntamente com custo e qualidade, a flexibilidade. Dos anos 90 até o presente, o tempo é o critério prioritário.

Stalk em [STA93] lembra que muitos executivos acreditam que a melhor forma de se conseguir vantagem competitiva é fixar o mais elevado valor para o mais baixo custo. Esse é o padrão tradicional do sucesso de uma empresa. Fixar o mais elevado valor para o mais baixo custo, no **menor espaço de tempo**, é o novo padrão do sucesso de uma empresa. Um número crescente de empresas está alcançando sucesso ao estabelecer vantagens competitivas de resposta.

2.3 Estratégias de Gestão de Demanda

Segundo Pacheco&Cândido em [PAC01] classificam-se as estratégias de gestão nas seguintes categorias:

- **Make-to-order (MTO):** a chegada de um pedido de cliente provoca o início da produção dos produtos desejados. Possui a vantagem de se trabalhar com baixos estoques de produtos acabados, sendo adequado para produtos com demanda pouco freqüente, que possuem alto custo de estocagem (itens classe A) ou que são perecíveis. Esta estratégia, entretanto, torna o *leadtime* (intervalo de tempo) do produto igual ao *leadtime* do “ramo” mais demorado da fabricação do produto. Este particular pode tornar o prazo de entrega estrategicamente indesejável, especialmente em mercado no qual o fator velocidade de entrega é vital.
- **Make-to-stock (MTS):** o produto tem sua fabricação iniciada mediante uma previsão de demanda. A chegada do pedido de cliente provoca o seu atendimento quase imediato, mediante a retirada do produto acabado do estoque. Possui a vantagem de oferecer um *leadtime* muito reduzido, sendo adequado para a gestão de produtos com demanda bastante previsível. Entretanto, o volume de estoques a serem mantidos para o nível de atendimento desejado pode significar um grande volume de capital investido, especialmente no caso de empresas com grande número de itens comercializados e cuja capacidade de previsão da demanda é deficiente.
- **Assembly-to-order (ATO):** o produto tem a fabricação de seus principais componentes disparada mediante uma previsão de demanda, sendo estes componentes produzidos e armazenados antes da chegada do pedido. A chegada do pedido de cliente provoca o término da montagem do produto mediante a utilização dos componentes já produzidos. Possui a vantagem de reduzir o *leadtime* de atendimento, já que este fica reduzido à etapa de montagem final. Em outras palavras, nessa estratégia se mantêm estoques apenas dos componentes de maior demanda, reduzindo, sob a ótica do cliente, o *leadtime* de entrega, tornando a empresa apta a realizar em tempo bastante reduzido a montagem de uma grande

diversidade de produtos finais. É adequada para situações nas quais um pequeno grupo de componentes é utilizado na fabricação de um grande número de produtos finais, sendo que um produto se diferencia de outro em termos da inclusão ou troca de um ou poucos componentes.

- **Engeneering-to-Order (ETO)**: o produto tem seu projeto e fabricação iniciado com a chegada da ordem do cliente, fazendo parte do *leadtime*. É uma estratégia adequada quando há uma grande variedade e não é possível se manter estoques dos componentes ou de produtos finais.

Companhias MTO estão no negócio de produtos abastecedores em resposta a uma ordem de cliente, competem com outras companhias, no preço, perícias técnicas, tempo de entrega e confiabilidade de datas prometidas. Kingsman em [KIN96] afirma que lidar corretamente com requerimentos de materiais e espaço em máquina são os problemas principais das companhias MTO. Uma falta de coordenação entre vendas e produção na fase de requerimentos do cliente freqüentemente conduz a ordens confirmadas que são entregues depois da data prometida. O tratamento de um requerimento é um processo de decisão multi-fase. A decisão inicial é estar ou não preparado para uma oferta, e nesse caso, quanto é o esforço para fazer o processo de especificação e estimação. A estratégia MTO para companhia implica em pôr muito esforço para preparar uma oferta competitiva ou fazer uma estimativa rápida com uma margem de segurança alta e permitir erros e problemas imprevistos em uma negociação futura com o cliente. Ressalta-se a importância de analisar o impacto do não cumprimento das datas prometidas e de uma metodologia de como se analisar custos e tempos de produção negociando com o mercado (cliente), e como avaliar se a ordem do cliente é viável e lucrativa.

Na realidade não é dada a devida atenção as datas de término de produção e entrega dos pedidos em grande parte de indústrias MTO. Frequentemente, assume-se que as datas podem ser postergadas. Parte de algumas tarefas, por falta de análise de viabilidade para cumprir o prazo, tem que ser executados em empresas terceirizadas, e estas nem sempre se comprometem com a data prometida ao cliente final. A empresa pode assim arruinar sua imagem ou ter que baixar seus preços para compensar o atraso na entrega. Possivelmente o custo de produção será maior do que o previsto, bem como a lucratividade e a competitividade serão reduzidas.

Como visto em Kengpol [KEN01] as mudanças para uma companhia não são somente no sentido de se continuar a gerenciar um avanço técnico e competitivo do produto, mas também para reduzir-se o tempo de manufatura na linha e acompanhar a demanda de mercado. Tecnologias de Compressão de Tempo (TCT) permitem um rápido desenvolvimento do produto e sua entrega. Karsak em [KAR01] apresenta uma proposta de estrutura de dados para monitorar a efetividade da decisão, e um modelo de decisão que consolida variáveis quantitativas e qualitativas pelo uso do Processo de Hierarquia Analítico (AHP), Custo/Benefício e análises estatísticas.

Karsak em [KAR01] propõe um modelo de escolha de um Sistema Avançado de Manufatura (AMS), considerando alternativas mutuamente exclusivas. Critérios de avaliação econômicos e critérios estratégicos como flexibilidade, melhorias de qualidade que não são quantitativos em natureza são consideradas para seleção. São adicionados os aspectos econômicos do AMS para seleção processo usando a análise de fluxo monetário. O algoritmo de decisão agrega avaliações de preferência para os pesos de critério econômicos e estratégicos, e a conveniência de alternativas de investimento em AMS *versus* o critério de seleção para calcular índices de conveniência. São consideradas as incertezas inerentes nas estimativas financeiras como fluxos monetários periódicos, taxa de juros e taxas inflacionárias.

Platts em [PLA96] propõe um modelo de avaliação do processo de formulação de uma estratégia industrial, em lugar de avaliar a estratégia resultante. Os critérios propostos foram desenvolvidos a partir literatura de estratégia empresarial e industrial, e refinados em um estudo de caso. Foram descritas conclusões preliminares que destacam conflitos aparentes entre critérios desejáveis e que sugerem fatores importantes a serem considerados no projeto de um processo de formulação de estratégia industrial potencialmente.

Outros trabalhos abordam a estratégia ATO:

Como visto em [BER00], foram detectados quatro áreas de problemas com coordenação de materiais na indústria de montagem (ATO):

- **Estrutura dos materiais:** O próprio armazenamento de dados das estruturas dos produtos é importante para o controle de produção e para o fornecimento de materiais. Neste contexto, uma grande variedade de produtos aumenta em muito o número de estruturas variáveis dos produtos que tem que ser armazenado e mantido e conseqüentemente a complexidade do processo de armazenamento e manutenção desses dados.
- **Previsão:** A adoção da estratégia ATO implica na necessidade de se realizar previsões de demanda. A previsão de demanda para cada variação de produto final é uma tarefa complicada quando existe uma grande variedade de produtos finais com pouca demanda. Assim, a previsão deve ser realizada de modo agregado por família e traduzida numa previsão para os componentes estocados.
- **Alocação de estoque temporário:** Uma alta variedade de produção acarreta uma alta demanda incerta. Esta incerteza tem sido gerenciada por meio de estoques de segurança. A chance que estes estoques sejam balanceados obriga que se mantenha o mesmo nível de segurança para todos os componentes.
- **Aceitação da ordem:** Cada variação do produto final é uma combinação de variações de subsistemas. Para todas as ordens os requerimentos de variantes de submontagem precisam ser checados quanto à disponibilidade de componentes no estoque. Checagens rápidas e integrais no estoque são essenciais para habilitar um curto ciclo de *feedbacks* (opiniões) sobre as datas de entrega planejadas para os clientes.

Como visto em Bertrand [BER00], ATO é considerada uma boa estratégia de manufatura para trabalhar com alta variedade de produtos diferenciando a necessidade de materiais e a possível capacidade de produção. Uma estratégia ATO implica na pré-montagem de subitens da montagem final da variação de um produto dependendo da ordem do cliente. Importantes funções logísticas são necessárias adicionar enquanto adota-se esta estratégia, são

elas: estrutura de produtos, estoque intermediário, planejamento de suprimentos de materiais e processamento da ordem do cliente.

Em ATO o reabastecimento de componentes geralmente é separado de ordens de clientes. Para este fim, um *Master Planning Scheduling* (planejamento de produção a longo prazo) é necessário para que dirija o reabastecimento de componentes que é independente das ordens de clientes. Um MPS agrega necessidade de mercado com possibilidades de suprir materiais e manufatura.

No modelo proposto por [BER00] assume-se que o departamento de vendas pode expressar conhecimento de nível de incerteza de demanda para opções e características. O nível de demanda é a média da demanda por período, sobre um certo horizonte, igual ou maior que o maior *leadtime* de reabastecimento de um componente. São considerados as situações onde o departamento de vendas é responsável pela geração da previsão de demanda total e da demanda por opção e característica, e onde este departamento determina para cada pseudo-item as quantidades por período que serão avaliados para servir ao mercado. Isto inclui estimativas de incerteza na demanda, ambos os níveis da família de produtos também com níveis de opção e característica, e transferem esta média de incerteza para as margens de segurança ou sobreposição de planejamento de pseudo-itens.

Brassler em [BRA01] afirma ser necessário identificar decisões estratégicas críticas para a produção e subjacências, e também avaliar o processo para estabelecer a efetividade econômica. Segundo ele, decisões de estratégias de produção envolvem a avaliação diversos aspectos. Seu estudo procura encontrar um indicador para avaliar custo de mudanças no processo como uma estratégia (alterar produtos, processos e recursos utilizados).

No estudo de [BRA01] decisões estratégicas no sistema de produção poderão ser: variar, inovar ou eliminar produtos, processos e/ou recursos das áreas afetadas.

Ainda, segundo [BRA01], os principais riscos de se tentar prever os resultados de decisões estratégicas de produção são: Uma decisão estratégica de produção dentro de uma área afeta outras áreas. A introdução de um novo produto é associada como, por exemplo, investimentos em novas máquinas, mudanças de processo e logística. Isto é sempre um conjunto de medidas com forte inter-relação.

Nesse contexto, o estudo do *trade-off* (compromisso entre objetivos) que envolve a eventual decisão da empresa de gerir sua demanda por meio da estratégia ATO torna-se um tema interessante e pouco explorado pela literatura. Alguns autores [KIN87], [GUE91]

discutem os principais aspectos relacionados à estratégia ATO. Baker em [GRA93] propõe um modelo no qual, dado um conjunto de pedidos em carteira, decide-se o que atender, dadas às limitações de capacidade conhecendo antecipadamente os componentes ATO fabricados e seus estoques. O objetivo é a minimização dos custos de estocagem e das penalizações por não atendimento das ordens.

Kolisch em [KOL00] desenvolveu um trabalho onde considera áreas delimitadas para fazer a montagem de seus produtos como uma restrição para indústrias MTO. Em sua função objetivo não leva em consideração que se reduzir o tempo de produção da primeira ordem, as ordens subseqüentes iniciaram antes e, portanto, terminaram antes deixando por mais tempo o espaço livre para outras montagens.

Em [BER93] a natureza do sistema de controle da produção depende somente da natureza da situação da produção a ser controlada. Muitas classificações têm sido feitas com o propósito de distinguir a diferença entre as situações de produção. Cada tipo distinto se encaixa em um sistema de controle de produção. A literatura mostra classificações que tem pontos de vista em comum:

- O propósito da classificação é distinguir entre diferentes situações de controle de produção.
- Diferenças no sistema de controle da produção podem ser demonstradas por características da situação de produção em relação ao ambiente (isto é o mercado).
- A distinção é baseada primeiramente sobre a natureza das ordens de clientes e as regras de andamentos da produção.

A decisão de se optar pelas estratégias ATO ou MTS implica na necessidade de se realizar previsões. Recentes estudos apresentados em [ZOT01] têm mostrado que a demanda pode ser irregular e complexa, um possível estudo para gerência de incertezas é coletar informações diretamente dos consumidores. Isto implica que as vendas unitárias têm que ser direcionadas a consumidores, analisando rapidamente os requerimentos, e coletando quantitativamente e estruturadamente os dados bem como o instinto qualitativo e subjetivo. Embora, a integração com consumidores individuais aumentem e a capacidade de coletar dados implique na configuração organizacional da maioria das companhias tornando-as mais

complexas e sendo a previsão de vendas mais difícil. Sendo a gerência de demanda incerta em ambiente complexo, primeiramente o setor de vendas é responsável pela previsão de demanda de cada consumidor e define as quantidades. Em segundo a previsão de demanda fornecida pelo setor de vendas é agregada e futuramente elaborada para produção, para definir os materiais necessários. Esta vantagem tem sido balanceada também por custos organizacionais. Mesmo o método centralizado divide responsabilidades para previsão de demanda e um controle de fluxo entre vendas e produção, o foco e a acurácia na previsão de demanda pode ser comprometido, e a informação pode ser menor quando a previsão de demanda individual é mandada para o setor de produção.

O planejamento de produção anual é geralmente baseado em uma previsão trimestral, do tipo de Cliente e do nível do Grupo de Produto. Difere de uma previsão de demanda em que você também calcula a unidade carregada válida (baseado em custo de vendas) para cada tipo de cliente e família de produto, para calcular a margem bruta associada com cada tipo de cliente e produto combinação familiar. Adicionalmente, uma previsão existente pode ser convertida em um Plano Operacional Anual e pode ser estimado o custo total de vendas e incluído na matriz de produção como o custo calculado de vendas por unidade. Uso formal do Plano Operacional Anual pode ajudar determinando rentabilidade, e faz previsões de renda das quais podem ser tomadas decisões empresariais críticas.

As características típicas de controle de ETO podem ser descritas usando os seguintes aspectos: dinâmica, incerteza e complexidade.

- **Dinâmica:** Uma situação de produção é chamada dinâmica se considerarmos antecipadamente alguma flutuação, por exemplo, volume de vendas. Esta flutuação pode ser prevista, mas dificilmente será antecipada. As empresas ETO têm competido com fortes flutuações em variedade e volume de vendas em curto e médio prazo. Esta é uma característica geral. Pelo motivo que a ordem de cliente dirige a produção, com isto é impossível competir com esta flutuação, por exemplo, criar capacidade de estoque.
- **Incerteza:** Incerteza é a diferença entre a quantidade de informações requeridas para fazer uma tarefa e a quantidade de informações realmente avaliada na empresa. Existem fatores de incerteza que podem ser distinguidos, em ETO. Estes

fatores têm grande influência na complexidade do controle de produção. O primeiro fator é a incerteza da especificação do produto. Especialmente no começo do projeto, partes do produto são desconhecidas. Isto implica em um alto nível de incerteza. Decisões de capacidade, *leadtime* e preço têm que ser feitas sobre a incerteza. Durante as atividades de engenharia, projeto e planejamento do processo, a quantidade de trabalho e a quantidade de material de um produto são gradualmente conhecidas. Mais e mais detalhada as informações do produto são avaliadas. Muito embora, o processo de projetar por si só é um processo de incerteza. Pode ser que as atividades de engenharia e projeto de um específico produto tenham custo duas vezes maior que a capacidade. Isto leva a serias conseqüências no *leadtime* do produto. Outro fator é a incerteza no processo. Porque o produto é especificado pelo cliente, partes de máquinas são desconhecidas até que comece o produto. Até este momento é difícil fazer uma estimativa dos tipos e quantidade de recursos que serão necessários. Na prática parece que são muitos os diferentes os tipos de recursos requeridos para muitas diferentes operações no produto. O resultado destas variações, as quantidades totais de requerimentos e avaliação de capacidade de produção são balanceadas, enquanto para operações individuais são completamente desbalanceadas.

- **Complexidade:** O controle de produção pode ser caracterizado como complexo por causa de três fatores. O primeiro fator é a estrutura do fluxo do produto final, que pode ser controlado não somente no estágio físico, mas também no estágio não físico. O estágio não físico consiste nas atividades de engenharia, projeto e planejamento de processo. O estágio físico consiste na manufatura de componentes, montagem e instalação de máquinas.

Uma efetiva estrutura de controle de produção para ETO se reflete em todas estas características de controle.

Trabalhando com as estratégias ATO e MTO nós levaremos em consideração que a redução do *leadtime* de algumas ordens resultarão em tempos livres, para encaixar novas ordens aumentando a rotatividade de produção. Também podemos ocupar os tempos “ociosos” para produzir produtos semi-acabados a um custo menor que períodos de grande trabalho, sem comprometer a data de entrega de produtos.

2.4 Estratégias voltadas à Velocidade

A velocidade de entrega é um dos cinco principais objetivos de desempenho apontados pela literatura. Desta forma, o aumento da velocidade de fluxo com intenção de reduzir o tempo de entrega dos produtos ou serviços aos clientes devem propiciar vantagem competitiva para a organização.

A seguir, declarações de alguns autores em [SER96], no qual sinalizam que existe uma relação muito forte entre tempo e sucesso. E, mais do que isso sugerem que o tempo é a arma competitiva atual.

“O ciclo de tempo total pode tornar uma empresa imbatível. Minha convicção é que o tempo de ciclo total é a arma definitiva pela competitividade”.

“A pressão para responder a mudanças do mercado no menor intervalo possível se tornou obsessão crescente das empresas de todo o mundo, com resultados surpreendentes e poderosos”.

“Executivos de organizações agressivas estão modificando suas medidas de desempenho de custo e qualidade para custo, qualidade e responsividade. A nova estratégia é a competição baseada no tempo com a qual os executivos estão buscando meios de comprimir o tempo e utiliza-lo como arma competitiva”.

“O tempo foi reconhecido pela gerência de muitas empresas como fonte de vantagem competitiva. Uma pesquisa mostra que a prática gerencial conhecida por competição baseada no tempo é um fenômeno mundial”.

“A empresa que responde mais rapidamente às necessidades do mercado vai vencer”.

“Qualidade e serviço são tópicos importantes para a competitividade, mas o gerenciamento do tempo vai ser o campo de batalha na busca da competitividade global”.

“As empresas estão cada vez mais descobrindo que competir com base no tempo pode ser uma estratégia de negócios poderosa. A velocidade adiciona valor e fornece à empresa classe e competência”.

“Reduzir o tempo requerido para atender os clientes deve ser o principal papel da estratégia competitiva da empresa. A velocidade com que a empresa pode entregar produtos ou serviços ao mercado emerge como fator dominante”.

Slack em [SLA93] mostra que a definição, a divulgação e a execução de uma estratégia são fundamentais para a competitividade baseada no tempo. A estratégia deve:

- Priorizar o critério competitivo velocidade;
- Garantir os três níveis de coerência:
 - Coerência externa: os planos estratégicos da organização como um todo e de cada função deve priorizar o critério competitivo velocidade,
 - Coerência interna: as definições relacionadas ao critério competitivo velocidade devem ser coerentes com as capacitações internas da organização,
 - Coerência temporal: é necessário garantir que, ao longo do tempo, a organização vai ter capacitação para prover os níveis desejados de desempenho em termos de velocidade ou tempo de entrega.

Ou seja, garantir que todas as decisões referentes aos recursos estruturais e infra-estruturais da organização sejam tomadas de acordo com um padrão de decisões coerente, a tempo e de forma a garantir que atinja os níveis desejados de desempenho em termos de velocidade ou tempo de entrega;

Segundo vários autores vistos na literatura, as empresas inovadoras estão se tornando concorrentes baseados no tempo. Esses concorrentes utilizam o tempo na forma de rápida resposta e aumento da variedade de produtos para crescer mais célere e lucrativamente, alterando as relações competitivas.

A habilidade da manufatura de atingir baixos custos de produção é ajudada ou dificultada por algumas decisões que são estratégicas, no sentido de que se referem à forma pela qual a empresa escolhe reagir ao mercado e a seus concorrentes. Elas podem ser agrupadas sob três títulos:

- O volume de saída para cada grupo de produtos.
- A variedade de produtos ou atividades pelos quais a função de manufatura é responsável.
- A variação no volume de saída esperado da operação.

Nenhuma dessas decisões é inteiramente imposta à manufatura pelo mercado, ou pelo departamento de marketing, nem a manufatura pode tomá-las sozinha. Entretanto, são profundamente importantes devido aos efeitos que têm sobre a estrutura de custos da manufatura. O mínimo que se requer de manufatura é um entendimento da relação entre essas decisões e os custos unitários.

Os custos são modificados pela variação. Variação é o grau para o qual a demanda colocada sobre o todo da operação flutua ao longo de um período de tempo. As flutuações de demanda são de dois tipos – as que você espera e as que você não espera. As flutuações inesperadas de demanda, que pegam a operação de surpresa, têm um efeito pior sobre os custos do que as esperadas.

A fonte desses custos causados pelas variações dependerá de como a operação escolhe lidar com as variações. Ela pode escolher ajustar o nível de saída a cada vez que a demanda flutue – a estratégia de perseguição à demanda. Alternativamente, pode escolher manter a saída fixa e deixar o estoque de produtos acabados absorver a diferença entre o fornecimento da operação e a demanda do mercado – a estratégia amaciamento com estoque. Os custos das variações serão determinados pela maneira como essas duas estratégias puras serão equilibradas.

A estratégia de perseguição à demanda significa ajustar a saída para refletir as flutuações de demanda. É uma estratégia que pode ser atingida de diversas maneiras, as quais têm implicações nos custos. Por exemplo, a forma mais rápida e mais fácil é usar horas extras para aumentar a saída e aceitar mão-de-obra subutilizada quando o volume de saída diminuir. Hora extra, porém, significa custo total de manufatura mais alto.

A estratégia de amaciamento com estoque representa uma alternativa à perseguição de demanda protegendo a fábrica, permitindo-lhe produzir a taxas constantes e deixar os estoques de produtos acabados absorverem as diferenças entre o nível de produção e a demanda. Aqui os custos envolvidos estão fora da fábrica; derivam do estoque que está agindo como proteção. Os custos do capital de giro são os mais óbvios, mas há ainda o espaço

necessário para abrigar o estoque e também o risco da retenção de produtos antes da demanda – eles podem sofrer danos, obsolescência e deterioração.

Independente da intervenção que se proponha, é sempre necessário que seja feita uma análise dos *trade-offs* envolvidos. Entende-se por *trade-offs* os compromissos entre objetivos. Por exemplo, o compromisso entre manter grandes e dispendiosos estoques de produtos acabados e oferecer ao cliente entregas rápidas. Ou entre investir em aumento da capacidade produtiva e diminuir tempo de entrega dos produtos aos clientes. A arte está no encontro do equilíbrio correto entre os vários objetivos.

Para melhor analisar similaridades, diferenças e efeitos das melhorias percebidas diretamente ou indiretamente pelo cliente, é conveniente o emprego da definição de “taxa P:D”.

O conceito de taxa P:D foi desenvolvido por Shingeo Shingo em 1981.

P é definido como o tempo total do fluxo de operação e corresponde ao período de tempo desde o instante em que as matérias-primas são solicitadas até que tenham sido processadas através dos vários estágios de produção, gerando produtos acabados. O tempo total P pode ser visto como a somatória de vários tempos individuais de processamento. A Tabela 2.2 representa esquematicamente o tempo total do fluxo de operação (Ciclo P).

Tabela 2.2 Ciclo P: Tempo Total do Fluxo de Operação [SER96]

Semanas	1 2 3 4	5 6 7 8	9 10 11	12 13 14 15	16 17 18	19 20 21 22
Produto Acabado						
Montagem Final						
Submontagem						
Sub-Submontagem						
Partes Componentes						
Matéria Prima						

Para a operação, este é o ciclo que é importante porque é o tempo durante o qual a operação terá de gerir o fluxo de materiais e informações.

D é definido como o intervalo de tempo que o cliente tem que esperar entre solicitar o produto e recebê-lo. Em outras palavras, é o tempo do consumidor ou tempo de demanda.

O tempo de demanda (D) depende muito do tipo de manufatura da empresa. Para uma empresa MTS (figura 2.3) o tempo D pode ser muito pequeno. Para uma empresa MTO (figura 2.4), o tempo de demanda se torna maior, dependendo da parcela do tempo P que possa ser efetuada com antecedência, baseada em especulação:

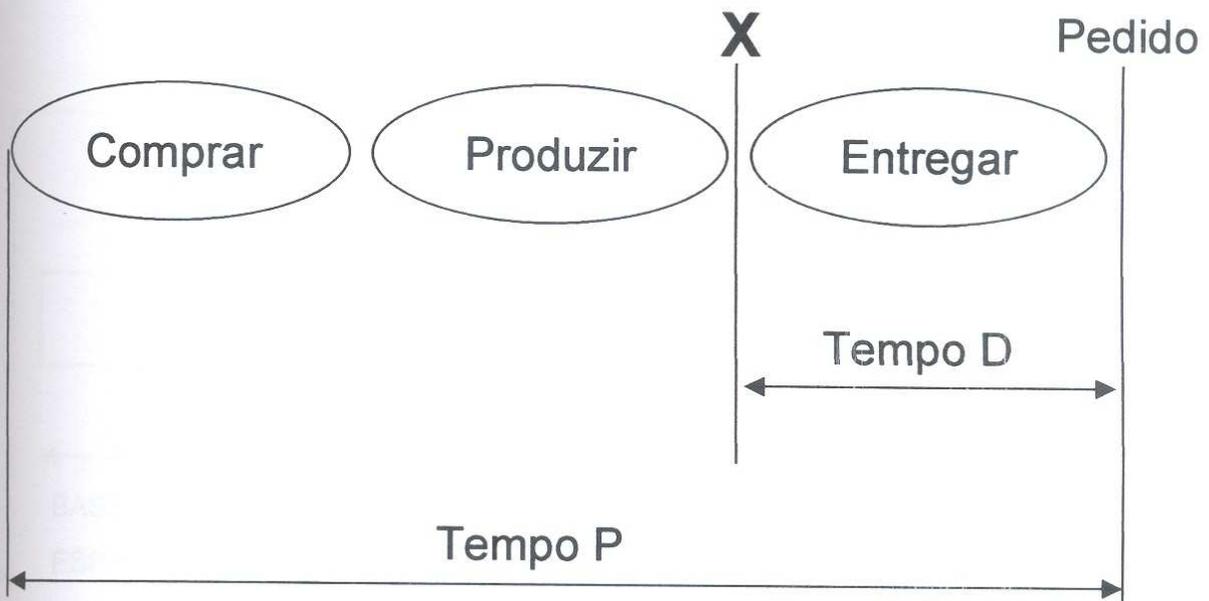


Figura 2.3 Típico Ciclo de manufatura para MTS [SER96]

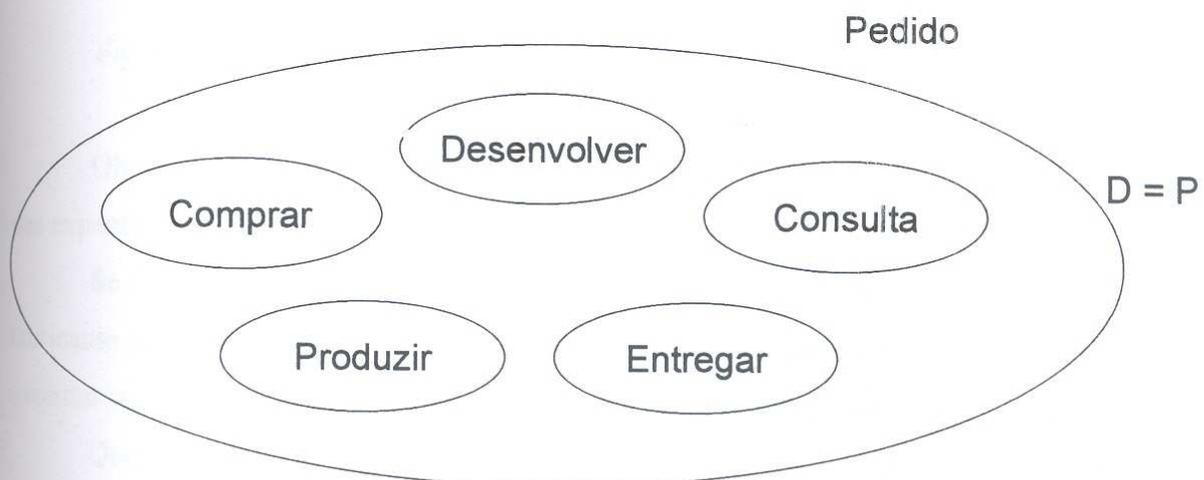


Figura 2.4 Típico Ciclo de manufatura para MTO [SER96]

Na realidade o tempo de demanda do consumidor (D) pode assumir três valores:

- D1: tempo informado ao cliente, correspondente ao intervalo de tempo que ele vai ter que esperar entre solicitar o produto e recebê-lo. Este valor é informado pelo fabricante com base nos tempos padrão de processamento ou com base na capacidade disponível.
- D2: tempo que o cliente desejaria esperar entre solicitar o produto e recebê-lo.
- D3: intervalo de tempo que daria ao fabricante vantagem competitiva.

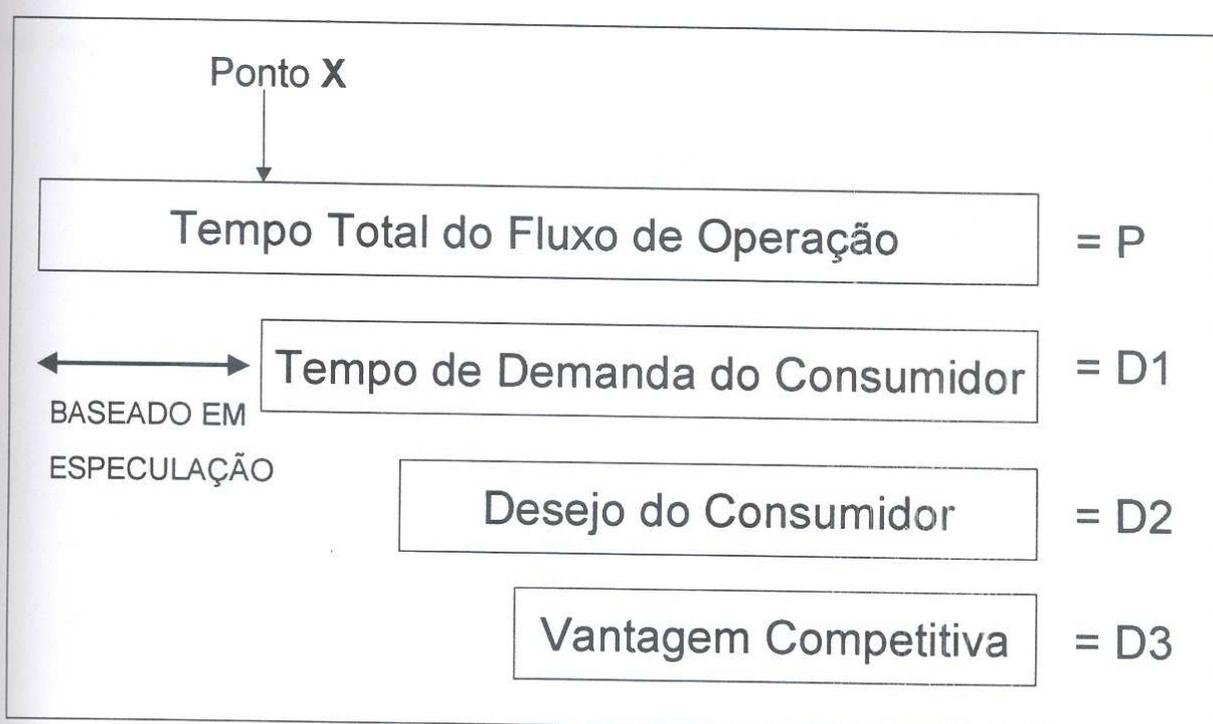


Figura 2.5 Relação entre o Tempo de Ciclo P e os Tempos de Ciclo D [SER96]

Observa-se, através da figura 2.5, que os tempos $D3 < D2 < D1$, o que vai ao encontro das expectativas de um mercado que compete com base no tempo.

Se o tempo P exceder D (o que acontece para a maior parte das indústrias) então o fabricante precisa especular. Esta especulação é utilizada para comprar aqueles materiais e executar os processos que precisam ser executados antes do recebimento da ordem do cliente.

Quando se fala em competição baseada no tempo, os programas de ação relacionados a melhorias percebidas diretamente pelo cliente objetivam redução do tempo de demanda ou redução da parte do ciclo total do fluxo de produção. Esta redução traz óbvios benefícios

externos ao consumidor - eles conseguem seus produtos mais rapidamente, o que é essencial para a competição baseada no tempo onde o tempo de entrega é uma característica ganhadora de pedidos. Neste caso, a empresa consegue aumentar o valor de oportunidade do produto e/ou ganhar mais participação no mercado.

Os programas de ação que geram melhorias percebidas indiretamente pelo cliente estão relacionados com a redução do tempo total do fluxo de operação (P) e conseqüentemente redução da taxa P:D.

Slack [SLA93] mostra que os benefícios decorrentes do aumento da velocidade de movimentação de informação e materiais através do sistema em função da redução do tempo total de operação (ciclo P) incluem:

- A velocidade reduz a atividade especulativa: a redução do tempo de fluxo da produção antes do ponto X da figura 2.5 reduz a razão P:D e, portanto, a proporção de atividade especulativa (neste caso em valor absoluto). À medida que o ponto X move-se para mais cedo no ciclo do fluxo (conseqüência da redução de P proporcionalmente maior que a de D), o valor dos estoques no ponto X torna-se de menor valor e possivelmente menos específico de determinados produtos, permitindo maior flexibilidade que indiretamente propicia a vantagem da velocidade.
- A velocidade permite melhores previsões: a redução de P permite melhores e mais prováveis previsões uma vez que eventos futuros são mais difíceis de prever do que eventos eminentes. Como a estratégia de competição baseada no tempo é particularmente interessante para aplicação em mercados onde os clientes não conseguem boas previsões, o fato do fornecedor correr menores riscos em função de possuir melhores previsões dá vantagem adicional.
- A velocidade reduz despesas indiretas uma vez que quanto menos tempo um pedido ou lote permanece em operação, menos despesa ela atrai. Isso significa que fluxos mais rápidos de produção precisam de menor organização e esforço para apoiá-lo na sua jornada através da operação.

Com a aplicação dos programas de ação sobre o tempo total do fluxo de operação (P), as melhorias em termos de velocidade também serão percebidas pelos clientes através do tempo de demanda (D).

Isto porque, além do tempo total do fluxo de operação ser reduzido, o tempo de demanda é informado ao cliente pelo fabricante com base nos tempos padrão de processamento ou na capacidade disponível, permitindo que o fabricante informe menor tempo de demanda (D).

No modelo proposto por [SLA93], a velocidade está associada à possibilidade da operação oferecer menores níveis de tempo de entrega dos produtos aos clientes externos. Também chama atenção para o fato de que internamente a velocidade influencia e é influenciada pelos outros objetivos de desempenho: qualidade, flexibilidade, confiabilidade e custo; como ilustra a figura 2.6.

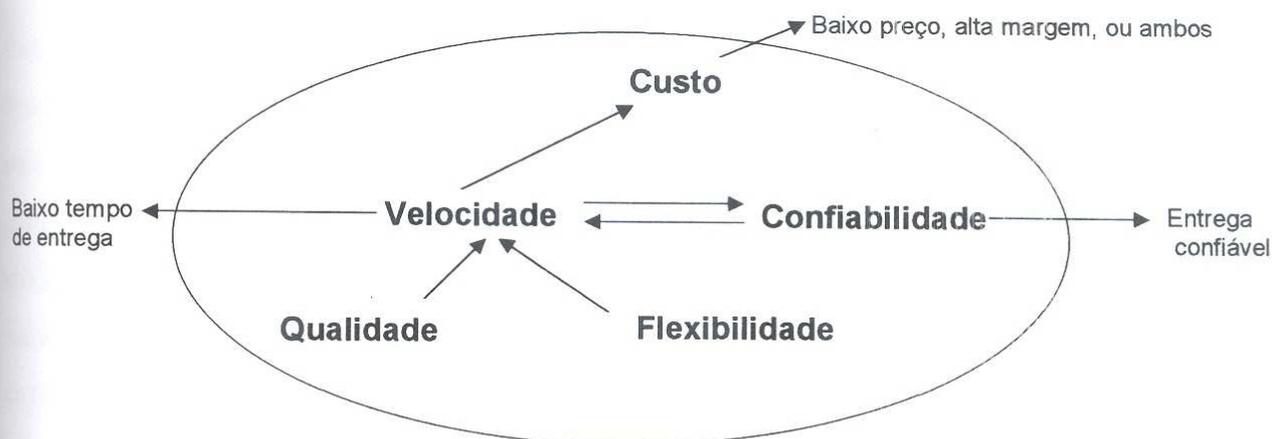


Figura 2.6 Modelo proposto por [SLA93]:Relação entre Velocidade e outros objetivos de desempenho; Benefícios externos decorrentes do aumento de velocidade

Fazendo-se estoque em determinados níveis da BOM poderemos reduzir o *leadtime*.

Quanto se espera que a redução do *leadtime* de cada família de produtos produza impacto em aumento da participação no mercado, e conseqüentemente, aumento de retorno financeiro.

2.1.1 Ações que visam reduzir os tempos produtivos (P)

Planejamento e Controle da Produção (PCP)

Um bom planejamento de produção, e a conversão deste em um programa de produção viável e eficiente é o passo inicial para a redução dos tempos produtivos, pois busca-se uma adequada ponderação entre os diversos critérios competitivos julgados importantes para a empresa [BUF87]; [HAX89]; [BUR89]; [VOL93]. No caso da estratégia baseada em velocidade, uma adequada previsão de demanda contribui para reduzir os atrasos das ordens dos clientes, bem como o correto planejamento da capacidade e uma sequenciação adequada das ordens de produção (scheduling).

Buffa em [BUF68] atenta para a necessidade de o PCP realizar o planejamento de forma integrada. Isto inclui as etapas que vão desde a previsão de vendas, passando pela determinação da capacidade das instalações até chegar ao *feedback* das ordens proporcionado pelo controle. Nesse conceito de planejamento integrado, o autor inclui a programação que é a expansão do planejamento, porém referente a prazos curtos. Entende-se daí, que o alcance das atividades de PCP é amplo e são diferentes a longo, médio e curto prazos. Em qualquer estratégia, dentre elas a de redução de *leadtime*, todas as atividades devem ser consistentes entre si.

Troca Rápida de Ferramentas (TRF)

Segundo Shingo em [SHI00], a redução do tempo é a chave para desenvolver uma posição industrial competitiva. A TRF reduz a quantidade total de tempo de *setup*, com uma conseqüente queda no número de horas-homem.

Pedidos de baixo volume e alta diversificação geram um aumento substancial no número de operações de *setup* (configuração, acerto) que devem ser executadas. Reduzir os *setups* que costumavam durar duas horas para três minutos com a TRF, no entanto, muda a situação de forma considerável.

Sistema Toyota de Produção

Segundo Ohno em [OHN97] é a absoluta eliminação do desperdício. Os dois pilares necessários à sustentação do sistema são: *Just-in-time* e Automação. O Sistema Toyota de Produção defende a absoluta eliminação do desperdício.

Just In Time (JIT)

Em seu aspecto mais básico o conceito literal do *Just-In-Time* (atender a demanda no tempo que ela é requerida) apresentado em [SLA93] significa produzir bens e serviços exatamente no momento em que são necessários. E, não antes para que se transformem em estoque e, também, não depois, de modo que os clientes não tenham que esperar. Além deste elemento temporal do JIT, podemos adicionar as necessidades de qualidade e eficiência.

Ohno em [OHN97] afirma que o *Just-in-Time* é muito mais do que um sistema de redução de estoques, é muito mais do que reduzir os tempos de troca de ferramentas, é muito mais do que usar *Kanban* ou *Jidoka*. Além disto tudo, é muito mais do que modernizar a fábrica. Ele é, num certo sentido, fazer uma fábrica funcionar para a empresa exatamente como o corpo humano funciona para o indivíduo. Atender a demanda no momento que ela é requerida.

O sistema JIT é uma filosofia ou ferramenta e não uma estratégia. Uma estratégia pressupõe objetivos definidos, desdobrados e articulados. O que se verifica, é que todas as referências a sistema JIT estão relacionadas ao nível operacional. Não existindo, portanto, desdobramento e articulação. Além disso, os objetivos explicitados pelo JIT estão relacionados com a melhoria contínua e aumento da eficiência através da redução de desperdícios não sendo mencionados aumento de velocidade ou redução de tempo que são objetivos explícitos da estratégia de competição baseada no tempo.

Assim, apesar do sistema JIT contribuir, de fato, para o aumento da velocidade de entrega através do alcance de seus objetivos fundamentais; qualidade e flexibilidade do processo, as limitações devem ser consideradas, tornando o sistema mais ou menos aplicável dependendo do mercado em que empresa atua.

Em alguns casos, “a produção JIT tem sido mal interpretada como um método que levaria a zero ou a um valor mínimo o estoque em processo com um tamanho de lote de um

produto”, e enfatizam que “não existem modelos ou teorias para atingir o objetivo para ajudar a determinar quando e onde manter este inventário mínimo”.

Porém, para que se tenha um JIT eficaz há necessidade absoluta de um planejamento de produção e atendimento a demanda muito eficiente, sem o qual ele não funciona.

Tecnologia de grupo

É uma técnica de manufatura que agrupa atividades similares. Tem uma enorme aplicabilidade, afetando potencialmente todas as áreas de uma organização. A tecnologia de grupo envolve grupos de processamento de peças similares (famílias de peças) em um setor dedicado com máquinas ou processos diferentes. As suas maiores vantagens são uma melhor performance, *leadtime* menor, menores estoques em processo, melhor qualidade de produtos, redução dos requisitos de ferramentas, etc.

Produção Enxuta

Nesse ponto, Womack em [WOM98] entende a produção enxuta como sendo os fatores que contribuem para uma produção mais rápida, enxuta e transparente. Dentro desse escopo, podemos colocar técnicas como produção em pequenos lotes, manutenção produtiva total (indispensável para o bom e contínuo funcionamento dos equipamentos), máquinas mais flexíveis ao invés das famosas “linhas de transferência”, rígidas e grandes, e ainda a redução drástica do estoque em processo, visando uma diminuição dos *leadtimes*.

O estudo do tempo assume crucial importância quando parte do serviço é efetuada por máquina, já que o tempo que ela leva para fazer determinadas operações é fixo e exato, constituindo, portanto, fator preponderante.

Para Ohno em [OHN97] o **fornecimento enxuto** requer uma contínua redução de custos (e, conseqüente redução de preços) baseada na total transparência de informações de custos. Para o fornecedor, a redução de custos através dos melhoramentos contínuos torna-se um estilo de vida, governado pela regra da expectativa anual da redução de preços, porém com alguma segurança vinda do conhecimento de que conhecer sua estrutura de custos é do maior interesse, para o cliente assegurar-se de que você está tendo um lucro razoável.

KANBAN

Ohno em [OHN97] nos mostra que os sistemas usados para produção com vários estágios podem ser classificados de uma maneira geral em dois tipos: sistemas de empurrar e sistemas de puxar. A maioria das filosofias tradicionais de produção emprega o sistema de empurrar, enquanto que o *kanban* utiliza o sistema de puxar.

O Sistema de Produção da Toyota é um meio para fazer produtos, enquanto que o *kanban* é um sistema de informações para administrar a nova filosofia de produção JIT.

A função do *kanban* nada mais é do que controlar a produção ao nível de chão-de-fábrica no ambiente *Just in Time*, direcionando os materiais no tempo justo para as estações de trabalho no processo de fabricação e passando informações sobre o que e quanto produzir. É importante salientar a sinergia que existe entre o sistema *kanban* e as outras ferramentas existentes, já que para uma implantação bem sucedida do *kanban*, é necessária a utilização das outras técnicas e ferramentas, notando-se claramente a posição do *kanban* dentro do contexto do sistema geral de produção.

Resumindo, Kanban nada mais é do que a execução do planejamento de produção ao nível de chão de fábrica.

Distribuição Uniforme de Fluxo de trabalho

Para que a produção flua o mais suavemente possível na planta, o ponto de partida é o que é chamado de distribuição uniforme de carga. Seu objetivo é minimizar a influência das reações que normalmente ocorrem, como função da variação de programação. Por exemplo, quando uma mudança significativa é feita na montagem final, ela gera mudanças também nas operações precedentes, que são normalmente amplificadas por causa das regras de tamanho dos lotes, tempos de *setup*, filas e tempos de espera.

Capacidade produtiva excedente

A capacidade produtiva excedente apresentada na literatura [SER96] está associada a vários recursos produtivos: espaço, equipamentos, pessoas e sistemas. Este tipo de capacidade pode não prover o mesmo tempo de entrega de produtos que a manutenção de estoques, mas é mais genérica: os volumes e *mix* específicos demandados ao invés de incorrer em risco de estoque obsoleto. A empresa estará atraindo custo de capital em recursos não utilizados que possuem menor risco de obsolescência.

Outras técnicas que podem ser utilizadas em um sistema produtivo focalizado na redução do tempo.

- Contínua redução do tempo total de ciclo
- Ênfase no fluxo de materiais
- Projeto para manufatura focalizada na redução do tempo
- Sistema produtivo composto por máquinas pequenas e simples
- *Layout* focalizado na redução do tempo
- Pequena variabilidade de processos
- Sistemática de produção puxada
- Sincronismo

2.1.2 Ações que visam reduzir o tempo de demanda (D)

Em [IND96] é feita uma análise dos riscos e dos benefícios de criar níveis de estoque para acompanhar o mercado. Na teoria tradicional de controle de estoques bem como nas regras de gerenciamento de estoques são totalmente baseadas em custos. No caso de custos estocásticos, consideração para demanda incerta ou *leadtime*, expectativas de custos são apontadas como valores de saída das regras de controle de estoques.

Este método tradicional tem pouco significado em relação às restrições sobre levantamento de custos e considerações. Por um lado, custos relevantes para um apontamento apropriado de políticas de controle de estoques são dificilmente determinadas. Por outro lado, em situações de incerteza e risco para decisões de estoques e para avaliação com respeito aos objetivos econômicos da indústria não podem ser refletidos. Minimizar a expectativa de custos ou maximizar a expectativa de ganhos dificilmente permitem considerar o impacto do risco gerado por políticas de estoques do ponto de vista teórico.

Conceitos da área financeira também podem ser aplicados para controle de estoques porque decisões e ajuste de níveis de estoque podem ser vistos como decisões de investimento em estoques. Porém análise da área financeira teria um ciclo vida curto.

O mais importante destes conceitos é também chamado de Modelo de Preço Assistido pelo Capital (CAPM). Este conceito traz o inter-relacionamento entre dados do capital de mercado e investimentos de otimização de estoques. Trabalha com expressões para a

probabilidade de ficar sem estoque e o alto custo de estoque. Mostra que a otimização do nível de estoque pode ser determinante para que se maximize a contribuição de mercado.

Inderfurth em [IND01] afirma que em remanufatura o nível de estoque trabalha na prática com situações usualmente simples (subótimas), regras de decisão são aplicadas quando somente usam um pequeno número de parâmetros de controle em adicional, não fazendo considerações a complexidade de definição de posição apropriada de estoque. Este efeito é equivalente a utilizar o tempo de entrega da remanufatura como uma variável de decisão em que tenha sido fixado um ponto ótimo de estoque.

Os estoques de atendimento podem ser vistos como bons pelos clientes, pois são eles que garantem um entrega mais rápida, às vezes até imediata.

O estoque pode ser definido como o acúmulo de recursos materiais armazenados em um sistema de transformação. Esse acúmulo pode ser de matérias-primas, material em processo ou produto acabado.

O estoque existe em função das diferenças nos tempos ou taxas de abastecimento e demanda, entre fornecedor externo e cliente, entre operações de um processo ou ente fábrica e cliente externo. Ele pode acontecer de forma planejada ou inesperada. Quando a taxa de abastecimento superar a taxa de demanda, propositadamente ou não, o estoque aumenta; quando a taxa de demanda supera a taxa de abastecimento, o estoque diminui.

O comportamento dos estoques é ambivalente. Se, por um lado provem segurança em um ambiente complexo e incerto, garantindo o atendimento da demanda, por outro lado são custosos e ocupam espaço.

Numa organização que compete com base no tempo, a prescrição relativa aos estoques pressupõe a separação dos estoques em duas categorias:

- **Estoque de fluxo:** corresponde aos estoques de matéria prima e produtos em processo. São estoques que afetam o desempenho da organização em relação ao tempo de entrega por interferirem no fluxo de materiais ao longo do processo.
- **Estoque de atendimento:** corresponde ao estoque de produtos acabados ou semi-acabados que com alguma operação que proporciona diferenciação ao produto estarão acabados e prontos para serem entregues ao cliente. Este estoque interfere diretamente no tempo de entrega do produto ao cliente, afetando, por

conseqüência, a maneira como o cliente enxerga à empresa em relação ao tempo de atendimento.

O estoque de atendimento constitui um estoque estratégico. Ele influencia a maneira com que o cliente enxerga a empresa e pode influenciar a decisão do cliente em relação à decisão de comprar da empresa.

Num ambiente de competição baseada no tempo, todas as decisões relacionadas ao estoque de atendimento devem considerar o papel deste estoque, do ponto de vista estratégico, para a competitividade da organização. Assim, por exemplo, uma empresa que, por restrições tecnológicas, possui um *leadtime* de fabricação maior do que o tempo de atendimento exigido pelo mercado precisa fazer estoque de produto acabado ou ter uma previsão perfeita para competir satisfatoriamente.

Como a previsão perfeita é muito difícil de ser alcançada, desenvolvemos um modelo de apoio a decisão de qual estratégia de produção será a melhor se for feito estoque de determinados produtos semi-acabados.

Produção Focalizada

De acordo com Slack [SLA99], é muito difícil de se gerenciar uma instalação enorme; quanto maior ela fica, mais burocratizada ela se apresenta, transformá-la em pequenas plantas especializadas foi à alternativa empregada pelos japoneses.

Um grande número de empresas processa um lote e enviam de departamento para departamento. Cada máquina nesses departamentos é normalmente operada por um trabalhador, que é especializado naquela função. Manipular um lote de produção pode ser uma longa e complicada tarefa, pois existe um tempo muito grande de espera e movimentação.

Para conseguir-se operacionalizar o conceito da manufatura celular, é preciso que haja uma técnica que facilite o agrupamento das instalações. Esta técnica é conhecida como tecnologia de grupo.

Setup Minimizados

Ohno em [OHN97] define o tempo de *setup* (configuração, acerto) como o tempo decorrido na troca do processo da produção de um lote até a produção da primeira peça boa do próximo lote. Os tempos de *setup* podem ser reduzidos através de uma variedade de métodos, como, por exemplo, eliminar o tempo necessário para a busca de ferramentas e equipamentos, a pré-preparação de tarefas que retardam as trocas e a constante prática de rotinas de *setup*. Normalmente, mudanças mecânicas relativamente simples podem reduzir os tempos de *setup* consideravelmente.

Redução bem sucedida de *setup* é facilmente alcançada quando abordada pela perspectiva de um engenheiro de métodos. Os japoneses separam o tempo de *setup* em dois segmentos:

- **Interno:** que necessita que a máquina esteja parada,
- **Externo:** que pode ser feito enquanto a máquina está operando.

Artifícios de economia de tempo como plataformas rolantes para sistemas de trocas temporárias são comumente vistos, e tudo isto são itens de baixo custo. Apenas depois disso são necessárias grandes somas de dinheiro, em coisas como posicionamento automático de matrizes e suportes de ferramentas duplicados.

2.5 Análise econômica da decisão de estocar visando velocidade como vantagem competitiva

Stalk e Hout em [SER96] mostram que o tempo é um fluxo de corrente (em analogia à corrente elétrica) *mensurável objetivamente*, não um cálculo condicionado por convenções contábeis. Ele é uma medida comum e direta cuja principal vantagem como ferramenta de administração é que força a análise a baixar para um nível físico. A maneira física de examinar a empresa dá aos dirigentes mais visão e poder para estudar a forma de melhorar os resultados.

O fornecedor que exige menor tempo para entrega do produto estará, de fato, oferecendo um benefício para o cliente. Isto porque o cliente pode solicitar seu produto em

data mais próxima da sua necessidade, com antecedência correspondente ao intervalo de tempo informado pelo fornecedor, e, portanto com menor incerteza e risco.

Com intuito de correr menos risco, o cliente provavelmente optará pelo fornecedor que oferece o menor tempo de entrega.

Muitos autores consideram o desempenho como fator principal nas empresas que competem com base no tempo. Considera-se que reduzir o tempo de entrega acarreta no aumento do ganho em moeda, como fator principal nas empresas que competem com base no tempo.

A decisão esta em **Estocar versus Reduzir** o tempo D.

Embora atacando P, a empresa pode colocar-se frente a uma decisão de reduzir o tempo de atendimento criando estoques intermediários ou finais. Em outras palavras é economicamente viável alterar a estratégia de gestão da demanda, partindo-se de MTO para ATO ou MTS?

A redução do tempo de atendimento pode implicar basicamente em três possibilidades:

- Possibilidade de aumentar preço mantendo basicamente a mesma produção;
- Possibilidade de manter preços e aumentar a parcela de mercado;
- Uma combinação das duas possibilidades acima.

A primeira alternativa é mais aplicável a curto prazo, quando há uma possibilidade limitada de aumento da capacidade de produção, caso a capacidade já esteja sendo totalmente tomada. Neste caso, a empresa deve estimar quanto o consumidor está disposto a pagar a mais pela redução do tempo de atendimento de seus pedidos.

A segunda alternativa é mais aplicável a médio/longo prazo, mas necessita estimar quantos novos consumidores serão conseguidos com este novo prazo. No caso da Segunda alternativa, torna-se mais difícil o modelo, pois teria-se um novo comportamento dos estoques (novas demandas) com novas médias e desvios. Além disso, investimentos em capacidade produtiva podem ser necessários. O problema torna-se mais complexo, pois para cada *leadtime* pode haver uma curva de demanda discreta por produto.

Neste trabalho nos focaremos na primeira possibilidade, ou seja, mantendo a demanda e conseqüentemente a produção atual, analisaremos a viabilidade da criação dos estoques

frente ao ganho (traduzido numa possibilidade de aumento de preço unitário do produto) esperado em função da redução de prazos.

Artigos vistos em [SER96] enaltecem a competição baseada no tempo como elemento gerador de vantagem competitiva. Percebe-se, entretanto, que não foi feita nenhuma justificativa, ou seja, uma comprovação empírica ou conceitual das vantagens de se competir com base no tempo. Apesar dos autores defenderem a competição baseada no tempo sem mencionar restrições, parece razoável considerar que existem situações em que esta abordagem possa ser mais ou menos adequada.

2.6 Conclusão

O tempo é um critério que pode ser efetivamente utilizado como arma competitiva. A literatura fornece indicações de que o tempo pode ser efetivamente utilizado pelas empresas com meio de alcançar vantagem competitiva. A visão composta da literatura mostra que ele pode ter influência sobre a competitividade da organização diretamente através da redução do tempo de entrega.

As empresas estão desenvolvendo programas de redução de tempo como meio de superar crises, vencer dificuldades e assim, conseguir vantagem competitiva. Estes programas, freqüentemente, objetivam a redução dos custos, aumento da confiabilidade e flexibilidade de entrega e não a redução propriamente dita do tempo de entrega do produto ao cliente.

Uma empresa preparada para os desafios da globalização deve possuir uma metodologia crítica que possa responder as mudanças das condições de mercado, relacionando à redução de tempo de entrega com o aumento de retorno, resultando em um plano operacional mais estável, como também diminuição do tempo de entrega ao cliente.

Neste sentido, o trabalho procura explorar os aspectos relacionados à análise matemática da decisão de estocar X reduzindo o *leadtime* percebido pelo cliente. Como se sabe uma forma de garantir entregas rápidas aos clientes é, de fato, investir em grandes estoques de produtos acabados. Porém podemos fazer estoque de alguns produtos semi-acabados, reduzindo o *leadtime* e não comprometendo a área de armazenamento e o custo de estocagem. No próximo capítulo serão descritos os passos da metodologia e o modelo matemático de apoio à decisão.

Capítulo 3

Modelo Proposto

3.1 Descrição do problema

Anteriormente citou-se que em empresas que empregam a estratégia MTO, uma das alternativas para se aumentar a velocidade de entrega é fazer a mudança para estratégia ATO ou MTS, reduzindo-se assim o *leadtime* para o cliente.

A definição de viabilidade, depende da comparação dos ganhos esperados com a redução do *leadtime* com os custos incorridos em estoque, entre outros. Como já citado, analisaremos o caso mais simples, no qual a demanda e a produção serão mantidas e o cliente está disposto a pagar mais pelo produto entregue em menor prazo.

Os ganhos descrevem o ganho bruto adicional esperado por período de tempo reduzido. Em outras palavras, quanto se espera aumentar de lucro (desconsiderados os estoques necessários para tal), com a redução de uma unidade de tempo no *leadtime* do produto. O ganho é, portanto a diferença entre o lucro com a margem anterior e o lucro com a nova margem aceita pelo mercado.

Note que o ganho não é a diferença de faturamento esperado. Por exemplo, para um determinado produto, pode-se estimar que os clientes aceitem um aumento de 2% no preço a cada dia reduzido no prazo de entrega. Logo, se considerarmos a demanda constante e todos os custos (exceto de estocagem) como fixos, pode-se esperar um aumento de faturamento, mas o ganho obtido será maior, uma vez que o faturamento aumentou, mas os custos não.

Assim sendo, o ganho esperado com a redução do *leadtime* depende da alíquota de aumento de preço e da relação custo/faturamento.

Já os custos dizem respeito aos estoques que se farão necessários para que o *leadtime* seja reduzido.

Assim, deve-se considerar para a solução do problema todas as possibilidades de criação de estoques de produtos acabados (PA), produtos semi-acabados (PSA) e matérias primas (MP) ao longo de todos os nós de cada uma das BOM existentes, quanto à criação desses estoques reduzem no *leadtime* de entrega para o cliente e em consequência quanto se espera lucrar com essa redução e qual o custo de tal estoque necessário para tal. A solução encontrada é a melhor alocação de estoques tal que o saldo entre o ganho e o custo de estocagem seja o maior número positivo possível, caso ele exista.

3.1.1 Objetivo

A função objetivo procura medir o saldo entre o ganho obtido com a redução do *leadtime* frente ao custo de estocagem necessário para tal redução.

3.1.2 Hipóteses

As principais hipóteses consideradas no modelo são:

- O modelo parte de um estado inicial MTO, ou seja, os *leadtimes* dos produtos acabados são dados pelo *leadtime* de fabricação do ramo mais longo de cada BOM, já que não há estoques em nenhum ponto da estrutura.
- Só se permite estoque em no máximo um ponto de cada ramo. Não se permite gerar estoque de um componente descendente de um componente que já tenha estoque, visto que o estoque mais embaixo na estrutura apenas agrega custo, sem reduzir o *leadtime* para aquele produto (embora possa reduzir o *leadtime* de outro).
- Supõe-se existir uma relação linear entre ganho por unidade de tempo reduzido.
- Supõe-se que um componente uma vez estocado deva sê-lo em quantidade suficiente para atender a todos os produtos a que pertence. Entre outras palavras, um componente ou é estocado para todos os produtos, ou para nenhum.

3.2 Descrição resumida da metodologia

A metodologia criada para análise da viabilidade deste caso foi organizada nas seguintes etapas:

- Modelagem matemática do problema a ser solucionado.
- Criação de estruturas e bases de dados (estruturas de produtos, demandas, *leadtimes*, custos, margens e outros parâmetros).
- Uma heurística de passo único para a solução do problema.
- Implementação da heurística de passo único e a implementação de um gerador de solução randômica.
- Solução do problema baseada em busca tabu.
- Análise dos resultados obtidos.

A seguir são detalhadas as cinco primeiras etapas. A etapa de análise dos resultados é mostrada no capítulo seguinte.

3.3 Modelagem Matemática do Problema

Sejam:

K	o número de produtos acabados
I	o número de componentes que formam os produtos analisados
$R_j = \{i \in I\}$	Lista dos componentes que formam um ramo de um produto, no sentido do pai (raiz) para o filho (até a folha).
Z_j	número de componentes pertencente ao conjunto R_j
G_k	ganho obtido por período, com a redução de um dia no <i>leadtime</i> de entrega do produto k , $k=1..K$
LTA_k	<i>leadtime</i> atual do produto k , com a estratégia MTO. É obtido pelo maior <i>leadtime</i> dos ramos que compõem sua BOM.
c_i	custo unitário de estocagem do componente i .

CE_i	custo médio de estocagem do componente i , por período. É obtido pelo custo unitário do item (ci) multiplicado pelo seu estoque médio (EM_i) multiplicado pela taxa de juros ou depreciação J por período.
EM_i	estoque médio necessário para o componente i atender os produtos que compõe, caso seja estocado. É dado pela demanda média do item por período multiplicado pelo seu desvio padrão, multiplicado pelo número de desvios padrão definidos pela empresa de modo a garantir o nível de atendimento desejado (segurança).
AMAX	área máxima de estocagem disponível.
CAPMAX	capital máximo disponível para aumento dos estoques
t_i	<i>leadtime</i> do componente i
LT_{rj}	<i>leadtime</i> do ramo j obtido com a estratégia ATO (do ponto de estoque ao produto acabado)
LT_k	<i>leadtime</i> do produto k obtido com a estratégia ATO. É dado pelo maior <i>leadtime</i> dos ramos que compõem sua BOM.

As variáveis de decisão são:

$x_i = \{0,1\}$ variável de decisão binária. Valor zero indica que o componente não deve ser estocado e o valor 1 indica que deve ser estocado.

O modelo é dado por:

Maximize $Z =$

$$\sum_{k=1}^K G_k (LTA_k - LT_k) - \sum_{i=1}^I CE_i x_i \quad (3.1)$$

A função objetivo (3.1) procura encontrar um maior valor positivo possível onde os dois aspectos analisados são o aumento de custos com a criação de estoques de componentes versus o aumento de retorno obtido com a redução do *leadtime* dos produtos. Resultados positivos indicam ganhos com a mudança da estratégia atual para a solução dada pelo modelo.

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^{Z_j} x_i \leq 1 \quad \forall R_j \quad (3.2)$$

A restrição de estoque por ramo (3.2) garante que, para cada ramo da estrutura do produto, o estoque será formado no máximo em apenas um ponto. É importante observar que soluções na qual o estoque se faz na raiz da estrutura (pai) significa que a adoção da estratégia MTS é indicada. Nesse sentido, o modelo se presta para a avaliação da viabilidade da estratégia ATO ou MTS, sendo o segundo caso um caso particular no qual o estoque está concentrado no topo e o *leadtime* é zero. A existência do mesmo componente em produtos distintos será tratada pelo modelo de forma global. Assim, se estocado para o atendimento de um dos produtos de que faz parte, o componente estará disponível para atender aos demais. Isto ocorre visto que para a empresa torna-se praticamente inviável a produção do componente mediante pedido para alguns produtos e para estoque para outros.

$$LTr_j = \sum_{i=1}^{Z_j} t_i - \sum_{i=1}^{Z_j} \sum_{j=i}^{Z_j} x_i t_j \quad \forall R_j \quad (3.3)$$

A restrição de *leadtime* do ramo (3.3), calcula o *leadtime* de cada ramo, que é dado pela soma dos *leadtimes* dos nós acima do ponto onde é formado o estoque. É importante observar que a ordem dos componentes na lista que forma o ramo é definida como sendo do pai para o filho. Assim, 1 corresponde ao pai e Z_j à folha (último filho).

$$LT_k \geq LTr_j \quad \forall \text{ ramo } R_j \in \text{produto } K \quad (3.4)$$

A restrição de *leadtime* do maior ramo (3.4) indica que o *leadtime* do produto é no mínimo igual ao *leadtime* do maior ramo pertencente a ele.

$$\sum_{i=1}^I \frac{EM_i x_i}{N_i} \leq AMAX \quad (3.5)$$

A restrição de área máxima disponível (3.5) impede que seja utilizada mais área para a formação de estoques que a área máxima disponível.

$$\sum_{i=1}^I EM_i c_i x_i \leq CAPMAX \quad (3.6)$$

A restrição de capital (3.6) impede que seja utilizado mais capital para a formação de estoques que o máximo desejado ou disponível pela empresa.

Verifica-se que a alocação ou não de estoques em cada um dos nós de cada ramo de cada BOM:

- Poderá gerar ou não modificação no *leadtime* do produto, com conseqüente variação nos ganhos. O fato de se incluir estoque em um ponto da BOM apenas altera o *leadtime* do produto se o respectivo ramo deixa de ser de maior *leadtime* da BOM.
- Certamente alterará o valor total alocado em estoques.

A razão para se buscar uma solução heurística para o problema é devida ao fato de se tratar de um problema NP-completo, e desta forma, soluções ótimas são computacionalmente inviáveis para problemas de porte real. Pode-se mostrar intuitivamente que o problema é NP-completo mostrando que o número de alternativas possíveis a serem analisadas cresce fatorialmente com o número de componentes distintos. Para um problema com N componentes distintos, uma vez que podemos estocar de 1 a todos os componentes, temos $C_{N,1} + C_{N,2} + C_{N,3} + \dots + C_{N,N-1} + C_{N,N}$ combinações possíveis de pontos de estocagem, ou:

$$\frac{N!}{1!(N-1)!} + \frac{N!}{2!(N-2)!} + \dots + \frac{N!}{(N-1)!(N-(N-1))!} + \frac{N!}{N!(N-N)!} \text{ combinações.}$$

O fato da relação custo/benefício ser negativa/positiva, não significa que a inclusão de estoques acima ou abaixo daquele ponto não possa tornar o resultado melhor ou pior do que a melhor solução conhecida. Assim sendo, todas as alternativas devem ser consideradas. Para

cada alocação, deve-se verificar qual o novo *leadtime* de cada produto e quais os novos custos de estocagem.

Além disso, deve-se acrescentar que a inclusão da restrição 3.2 garantindo que a inclusão de estoques deve se dar em no máximo um ponto da BOM por ramo, embora pareça adequada no sentido de organização da produção, tem conseqüências sérias na modelagem do problema. Se por um lado à inclusão de estoque abaixo de um ponto onde já foi criado estoque não reduz o *leadtime* daquele produto e só acrescenta custo, este custo poderia ser compensado pela eventual redução do *leadtime* de outro produto que se utiliza este mesmo componente.

3.4 Criação de Estruturas e Bases de Dados

Para a solução deste problema, criou-se primeiramente um programa gerador de BOM. O programa cria as estruturas de produto em forma de árvore (BOM). Os itens das estruturas de produto foram divididos em 3 categorias: PA (produto acabado), PSA (produto semi-acabado) e MP (matéria-prima), como mostrado na figura 3.1, de modo a facilitar a parametrização.

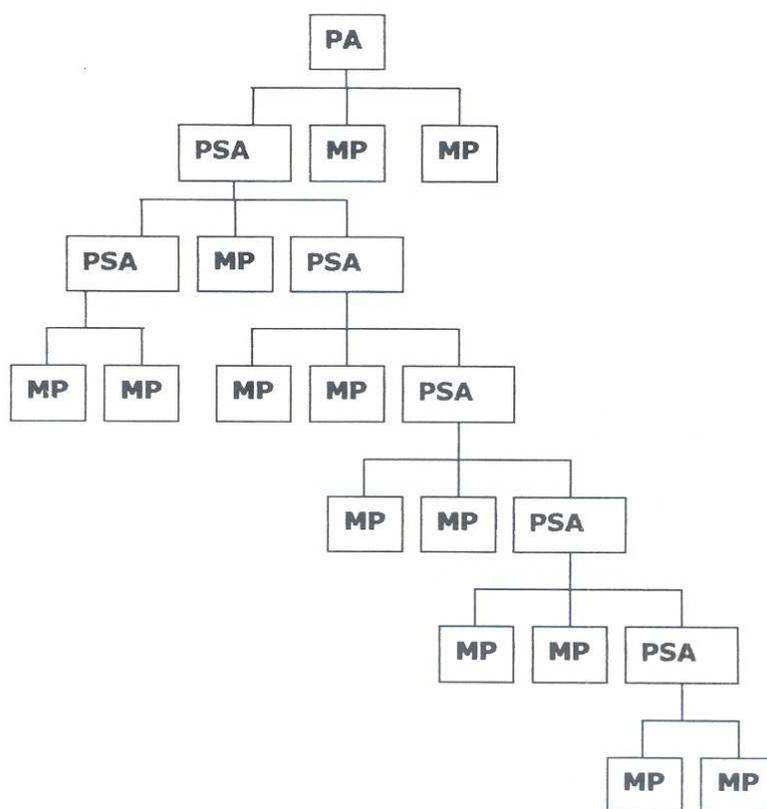


Figura 3.1 Exemplo da estrutura da BOM

Os relacionamentos seguem critérios pré-definidos e parâmetros definidos pelo usuário, parâmetros estes que influenciam estruturalmente na quantidade de PA, PSA e MT existentes, no relacionamento entre os itens e também na intensidade de reutilização dos itens PSA.

Uma vez que o trabalho não considerou informações específicas de alguma empresa, a geração dos dados foi aleatória.

O programa gera produtos Acabados (PA) com códigos na faixa entre 1 e 500. Produtos semi-acabados (PSA) com códigos na faixa entre 10000 e 20000. e matérias-primas (MP) com códigos acima de 500000.

O PA tem a seguinte estrutura: Nome, Demanda, Desvio Padrão, Tipo, *Leadtime*, Custo, Un, Custo do estoque do item, Área do item, ganho.

O PSA tem a seguinte estrutura: Nome, Demanda, Desvio Padrão, Tipo, *Leadtime*, Custo, Un, Custo do estoque do item, Área do item, Estoque, ganho.

O MP tem a seguinte estrutura: Nome, Demanda, Desvio Padrão, tipo, *Leadtime*.

As regras para se gerar a BOM estão apresentadas na tabela 3.1.

Tabela 3.1 Regras para se gerar a BOM.

MP	<ul style="list-style-type: none"> • Não pode ser pai de ninguém; • Podem ser usadas por PA, PSA; • Podem ser repetidas dentro da mesma BOM de um PA; • Não pode existir outra igual;
PA	<ul style="list-style-type: none"> • Não pode ser filho de nenhum nó da árvore; • Não pode existir outro igual; • Não pode existir se não tiver nenhum filho;
PSA	<ul style="list-style-type: none"> • Não pode ser pai de um PA; • Não pode ser filho de uma MP; • Não pode ser maior que os níveis definidos pelo usuário; • Não pode existir se não tiver nenhum filho; • Não pode existir outro igual. • Pode ser composto de outros PSA;

Os relacionamentos da BOM tem a seguinte estrutura: Nome do pai, Nome do filho.

3.5 Uma heurística de passo único para solução do problema.

O problema, tal como mostrado nos tópicos anteriores pode ser resolvido como uma adaptação do problema da mochila (*Knapsack problem*). Neste caso especificamente, no qual tanto a área de estocagem quanto o custo são restrições, trata-se de *problema da mochila multidimensional* [PED01].

Sejam:

- CT capital total disponível, informado pelo usuário. É o capital disponível inicialmente menos o somatório do custo de estoque de todos os componentes escolhidos.
- AT área total disponível para estocagem, informado pelo usuário. É a área disponível inicialmente menos a área ocupada pelo estoque de todos os componentes escolhidos.
- G total acumulado dos ganhos. Inicia com zero.
- c_i é o custo unitário de estocagem de i .
- m margem de lucro do produto p .
- D_{mi} é a demanda do componente i .
- G_p o ganho por unidade de *leadtime* reduzido, definido pelo usuário, para cada produto acabado. Na geração de dados para o problema definiu-se como:

$$G_p = \sum c_i \cdot D_{mi} \cdot m$$

- LTAp o *leadtime* anterior do produto p . (MTO)
- LTp o *leadtime* novo do produto p . (ATO)
- A_i é a área necessária para armazenar uma unidade de i .
- EMi é o estoque médio de i , dado por $D_{mi} \cdot \text{Desvio padrão da demanda} \cdot \text{número de desvios padrão definidos pela empresa}$.
- AEi Área necessária para armazenar i . É dada por $A_i \cdot EM_i$.
- J custo de oportunidade.
- CEi o custo de estocagem do componente i dado por $c_i \cdot EM_i \cdot J$.
- LE conjunto dos ramos que possuem estoque intermediário.
- LIE conjunto dos itens estocados.

LR_i conjunto dos ramos a que i pertence (para cada i).

A heurística pode ser descrita por meio dos seguintes passos:

- 1) Informe a Área total disponível (AT), o capital máximo para criação de estoques (CT).
- 2) Informe o G , ganho total por produto.
- 3) Para cada componente, seleciona-se os produtos dos quais faz parte, soma-se o G destes PA e divide-se pelo número PA obtendo a Média Gip . Esta é a média dos ganhos obtidos nos produtos que utilizam o componente com estoque. Soma-se a Média $Gip / (AE_i + CE_i)$ para cada um dos componentes,
- 4) Obtem-se uma fila ordenada pela média crescente. Onde o primeiro terá a menor relação ganho / (área+custo).
- 5) Toma-se o primeiro componente da lista ordenada, que ainda não foi escolhido.
- 6) Verifique se (i não pertence a LIE) $E (LR_i \cap LE = \emptyset) E (CE_i \leq CT) E (AE_i \leq AT)$, ou seja, verifica se o componente já não está estocado; se não há estoque em alguma parte do ramo, e se a área total e o custo total não foram ultrapassados. Em caso positivo, calcula-se o novo *leadtime* dos PA onde o componente escolhido faz parte.
- 7) Calcula-se o ganho obtido com a redução do *leadtime* para cada um dos produtos dos quais o componente escolhido faz parte. O ganho é dado por:

$$G = G + G_p(LTA_p - LT_p) - CE_i$$

Subtraia a área máxima disponível e o valor de estoque disponível:

$$AT = AT - AE_i, CT = CT - CE_i$$

- 8) Descarta-se o componente que piore o valor de G .
- 9) Caso ainda exista algum componente na lista, e $CT > 0$ e $AT > 0$ tome o próximo componente da lista e volte ao passo 5, senão FIM.

3.6 Implementação da heurística proposta e obtenção de uma solução randômica

A próxima etapa do trabalho foi à implementação da heurística proposta na seção 3.4. Tanto a base de dados quanto a heurística foram implementadas utilizando-se Delphi6 e o Interbase6. De modo a aumentar a velocidade de execução do algoritmo, o mesmo é executado em nível de gerenciador da base de dados, como pode ser constatado nos Anexos A e B deste trabalho.

Uma vez que não foram encontradas na literatura outras propostas de solução para o problema aqui tratado, procura-se analisar a qualidade dos resultados obtidos pela heurística comparando-a resultados obtidos por escolhas aleatórias de itens a estocar, ou seja, gerados um grande número de soluções aleatórias para o problema e compara-se com os resultados fornecidos pela heurística.

3.7 Solução do Problema baseada em Busca Tabu

A meta-heurística busca-tabu encontra-se na classe de algoritmos designada por "Algoritmos iterativos de melhoramento" (*Iterative Improvement algorithms*). Estes algoritmos partem de uma ou mais soluções potenciais do problema e dispendo de uma medida da sua "qualidade" tentam fazer alterações a essas soluções de modo a melhorar a sua qualidade de tal modo que ao fim de um certo número de iterações a qualidade da(s) solução(ões) seja ótima. Trata-se, portanto de formular o problema como um problema de otimização e para tal é necessário definir para cada problema concreto: qual o espaço de potenciais soluções e como são descritas, i.e. qual a sua representação x ; como se mede a qualidade das potenciais soluções, ou seja, qual a função de otimização $f(x)$, e o que se entende, para o problema específico, por "pequenas alterações" ou seja, qual a vizinhança de uma potencial solução $V(x)$.

Estes métodos não garantem, em geral, que um ótimo global seja encontrado podendo ficar retidos em ótimos locais. No entanto podem em muitos casos obter rapidamente soluções de boa qualidade, mesmo em problemas de grandes dimensões (dimensão do espaço de pesquisa).

Para além da escolha acertada dos valores dos parâmetros, específicos de cada algoritmo, a escolha da representação das soluções potenciais, da vizinhança e da função a otimizar constituem os aspectos centrais da aplicação destes algoritmos a problemas concretos.

Abordou-se o problema de escolha de estratégias para redução de *leadtime* sob o ponto de vista de otimização combinatória. Nesta perspectiva, o problema pertence à classe de problemas de difícil solução, conduzindo-nos à necessidade de algoritmos de aproximação, uma vez que não existe nenhum algoritmo exato capaz de solucioná-lo em um intervalo de tempo aceitável.

Proposto por Fred Glover [GLO97] a busca tabu ("Tabu Search") é um procedimento heurístico para resolver problemas de otimização combinatória. Como visto em [YAM99] a idéia básica é evitar que a busca por soluções ótimas termine ao encontrar um mínimo local. Este tipo de algoritmo faz uma busca agressiva no espaço de soluções do problema de otimização com o intuito de obter sempre as melhores alternativas que não sejam considerados tabu. A heurística busca tabu algumas vezes aceita a solução considerada tabu, baseado no critério de aspiração que determina quando as restrições tabu podem ser ignoradas.

Os passos de um processo de BT genéricos vistos em [WAT99] são mostrados abaixo:

Passo 1: Escolha uma solução inicial.

Passo 2: Selecione a melhor solução admissível, S_{best} (onde: S_{best} é a melhor solução entre todas $S' \in N(S)$: S' não pertença à lista tabu).

Passo 3: Atualize a solução corrente $S \leftarrow S_{best}$, e também atualize a lista tabu.

Passo 4: Se o critério de parada foi satisfeito, pare, caso contrário vá para o Passo 2.

Ou, de forma mais estruturada como apresentado na figura 3.2 abaixo :

```

Algoritmo Básico Busca Tabu [GLO97]
k:= 1.
Gerar solução inicial
WHILE as condições de parada não forem obtidas DO
  Identifique V(s). (grupo de Vizinhos)
  Identifique T(s,k). (grupo Tabu)
  Identifique A(s,k). (grupo Aspiração)
  Escolha o melhor s'  $\square V(s,k) = \{V(s) - T(s,k)\} + A(s,k)$ .
  Guarde s' se este melhora a melhor solução conhecida
  s:= s'.
  k:= k+1.
END WHILE

```

Figura 3.2 Algoritmo básico de busca tabu [GLO97]

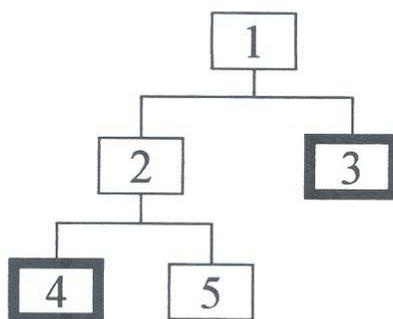
O cerne deste processo se encontra nos Passos 2 e 3, da figura 3.2. O melhor movimento admissível é aquele com maior avaliação na vizinhança da solução corrente em termos de valor de função objetivo e restrições tabu. A função de avaliação escolhe o movimento que produz a maior melhoria, ou a menor piora na função objetivo. A lista tabu é introduzida no sentido de guardar características dos movimentos realizados, para que futuros movimentos que apresentam estas mesmas características possam ser classificados de tabu (isto é, proibidos de serem executados). A aceitação de movimentos de piora abre a possibilidade de retorno a soluções já visitadas, portanto ciclos podem ocorrer e a função da lista tabu é evitar que tais ciclos ocorram. Desse modo é necessário restringir a busca através de uma estratégia de proibição cuja função é controlar e atualizar a lista tabu. O objetivo da estratégia de proibição é evitar que seqüências de soluções sejam repetidas e com isto induzir a exploração de novas regiões. BT é um método e não somente um algoritmo. As formas mais básicas de são compostas pelas seguintes estratégias:

- **Estratégia de Proibição:** gerencia o que será incluído na lista tabu. O objetivo desta estratégia é estabelecer um mecanismo que proíba certos movimentos (faça-os receber o *status* tabu), no sentido de evitar ciclagem. A lista tabu armazena atributos dos movimentos que foram realizados. Supõe-se que a probabilidade de ciclagem é inversamente proporcional a distância entre a solução corrente e as

soluções anteriores. Assim, para evitar a escolha de movimentos que representam o reverso de qualquer decisão tomada durante as últimas $|T_s|$ iterações, BT avança para longe das soluções visitadas na $|T_s|$ iterações anteriores. Normalmente, $|T_s|$ é chamado de tamanho da lista tabu;

- **Estratégia de Liberação:** gerencia o que será retirado da lista tabu e em que momento isto ocorrerá. Ela remove as restrições tabu de um movimento de modo que ele poderá ser escolhido a partir daquele momento. Os atributos de um movimento tabu permanecem na lista durante $|T_s|$ iterações. Se o tempo de permanência dos atributos na lista se esgota, então eles são liberados do seu *status* tabu por esta estratégia;
- **Critério de aspiração:** é uma maneira de se retirar o *status* tabu de um movimento se ele se apresenta com características muito boas e não ocasiona ciclagem. Um movimento é admissível se suas restrições tabu não são violadas, entretanto, ele também pode ser admissível se o critério de aspiração retira o seu *status* tabu.
- **Memória de Curto Prazo:** é à base de um algoritmo de BT. Esta estratégia de memória de curto prazo busca uma integração entre as estratégias de proibição, liberação, critério de aspiração e estratégia de seleção do movimento;
- **Memórias de Médio e Longo Prazo:** são estratégias de aprendizado que podem ser utilizadas durante a execução de BT, no intuito de realizar uma busca mais minuciosa sobre uma região supostamente promissora (intensificação) ou mesmo guiar a busca para regiões inexploradas do espaço de soluções (diversificação);
- **Critério de Parada:** normalmente BT pára após um número pré-especificado de iterações ou após a última melhoria ter sido encontrada.
- **Lista tabu:** é um componente essencial do algoritmo, e armazena as últimas escolhas de estoque de itens. No caso do problema combinatorial abordado neste trabalho, selecionou-se agressivamente os melhores movimentos admissíveis. Logo, existe a necessidade de examinar e comparar todas as opções de movimento, o que acarreta um grande número de cálculos para o seu sucesso, principalmente quando o número de itens na estrutura for grande. Logo, a função objetivo teve seu custo computado facilmente, tornando assim a busca eficiente, ao mesmo tempo em que soluções de qualidade são alcançadas. Para um problema pequeno de 50 produtos de 4 níveis onde o número de itens em cada nível possa

chegar a 10, temos até 1550 $((1+30)*50)$ pontos de estocagem distintos, combinados de todas as maneiras possíveis.



Representação $\{0,0,1,1,0\}$

Figura 3.3 Exemplo da representação dos componentes.

A figura 3.3 mostra que o valor em cada posição da lista pode ser zero ou 1, significando respectivamente a decisão de estocar ou não o componente. Sendo que no exemplo o número do componente é representado pela sua posição na lista (1,2,3,4,5).

Vizinhança para o problema estudado: É o conjunto de soluções obtidas com a alteração do valor de apenas uma das posições da lista atual, mantendo-se inalterados os valores das demais posições. Para a determinação da vizinhança elimina-se a restrição 3.2 do modelo, que garante que se tenha estoque somente em um nó no ramo. É curioso verificar que esta restrição faz sentido se analisar o problema, produto a produto (incluir estoque abaixo de outro componente já estocado apenas aumenta seu custo, não reduz seu *leadtime*), mas não faz sentido se o problema for analisado como um todo (este custo “inútil” pode ser compensado pelo ganho causado em outro produto).

Eliminada esta restrição, a determinação de uma vizinhança para a solução atual torna-se mais simples, por exemplo, eliminar o estoque de um componente com estoque ou incluir estoque em componente atualmente sem estoque.

Logo, os pontos de estoque percorrem as estruturas de produto, aumentando-se ou diminuindo-se o número de itens distintos estocados tendo em vista o melhor movimento (vizinho) da solução atual.

Estratégia de proibição: A partir do momento que foi gerado um ganho melhor que o anterior com um componente escolhido, ele entra na lista tabu e passa a não poder ser escolhido.

Tamanho da Lista Tabu: Sete. Foram testados vários tamanhos de lista, sendo que este número mostrou resultados apropriados para o porte dos problemas tratados

Critério de aspiração: Quando é verificado que o Z obtido por um movimento que é tabu, é maior que todos os Z obtidos até o momento, este movimento é executado.

Critério de parada: A busca para após 50 iterações. Para o porte dos problemas tratados, verificou-se que um número maior que 50 iterações gerou um aumento do tempo computacional frente a um pequeno ganho.

Para cada um dos vizinhos, é analisado o resultado da função objetivo Z. Escolhe-se o vizinho com maior Z (que pode ser inferior ao maior Z já obtido).

Verifica-se se a solução respeita as restrições de área e custo. Se sim, esta solução é guardada e o componente que mudou de status entra na lista tabu por um número fixo de iterações. Se não, faz-se a mesma análise para próximo melhor vizinho até que uma solução viável seja encontrada.

3.8 Conclusão

O problema tratado neste capítulo, que trata da análise da viabilidade da alocação de estoques de componentes visando a redução dos leadtimes percebidos pelo cliente é pouco abordado pela literatura. É feita uma definição matemática para o problema e uma heurística de passo único baseada na heurística da mochila multidimensional, que foi adaptada para o problema. Foi discutida a questão da complexidade do problema, da definição de vizinhanças de solução para o mesmo e da implementação de busca tabu para este problema.

Foi implementada uma base geradora de dados para o problema e implementada a solução heurística proposta. De modo a permitir comparações, também foi implementado um gerador randômico de soluções para o problema, de modo a se comparar à qualidade da heurística proposta com soluções geradas pela escolha randômica de itens a estocar.

Foi implementada a busca tabu, para melhoria da solução da heurística de passo único.

No próximo capítulo será apresentada uma análise de testes e respectivos resultados obtidos.

Capítulo 4

Resultados Obtidos

4.1 Testes da Heurística e Resultados Preliminares Obtidos

Foram realizadas três fases de testes.

4.1.1 Análise do gerador de BOM

A primeira fase trata-se de uma análise da consistência da geração das BOMs na base de dados.

Testou-se a geração da base com parâmetros diferentes e verificou-se a quantidade de relacionamentos gerados e os tempos computacionais. Os relacionamentos são a ligação nó a nó da BOM.

As alterações dos seguintes parâmetros geram bases diferentes: número de níveis que as BOMs podem ter, quantidades de PA do problema, quantidades de PSA por nível, quantidades de MP por nível e o Fator de reutilização dos PSA. Este fator pode catalisar o aparecimento dos PSA em várias BOMs, desta maneira pode-se variar a quantidade de relacionamentos.

Alguns resultados são apresentados na Tabela 4.1. Nota-se que o tempo computacional aumenta proporcionalmente a quantidade de relacionamentos.

Tabela 4.1 Resultados do gerador de BOM

N. de Níveis	PA	PSA/Nível	MP/Nível	Fator	Qtde Rel	Tempo
3	3	5	5	3	337	11''498'''
3	3	5	5	4	450	12''129'''
3	3	5	5	5	562	10''813'''
3	10	5	5	3	1125	56''145'''
5	5	5	5	5	1562	2'23''320'''
5	10	5	5	3	1875	4'0''368'''

4.1.2 Análise de sensibilidade da heurística

A segunda fase de análise buscou verificar a sensibilidade dos resultados obtidos em função dos parâmetros utilizados. Parte-se de um problema, ou seja, uma base de dados gerada e obtêm-se resultados diferenciados a cada alteração feita nos parâmetros da heurística. Um resumo das principais análises é apresentado na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 Análise de Sensibilidade dos resultados da Heurística

Para um mesmo problema (Base)					Tempo	Relacionamentos
nº níveis	PA	PSA/nível	MP/nível	Fator	3'669'''	377
3	3	5	5	3		

Parâmetros que influenciam no ganho e no tempo de processamento								
Rodada	Margem	nº DP	juros	Amax	Cmax	Ganho	Tempo	Qte PSA
1	30	2	1	500	500	R\$ 13.162,20	6''76'''	3
2	30	2	1	1000	1000	R\$ 23.147,81	6''210'''	4
3	30	2	1	2000	20000	R\$ 29.117,96	6''200'''	5
4	30	2	2	500	500	R\$ 13.132,19	6''169'''	3
5	30	2	2	1000	1000	R\$ 23.037,10	6''212'''	4
6	30	2	2	2000	20000	R\$ 28.906,90	6''307'''	5
7	30	2	3	500	500	R\$ 13.102,29	6''292'''	3
8	30	2	3	1000	1000	R\$ 22.926,41	6''255'''	4
9	30	2	3	2000	20000	R\$ 28.695,60	6''322'''	5
10	30	3	1	500	500	R\$ 20.009,23	6''335'''	3
11	30	3	1	1000	1000	R\$ 21.812,99	6''315'''	4
12	30	3	1	2000	20000	R\$ 17.012,78	6''433'''	4
13	30	3	2	500	500	R\$ 19.927,28	6''429'''	3
14	30	3	2	1000	1000	R\$ 21.687,51	6''342'''	4
15	30	3	2	2000	20000	R\$ 16.803,09	6''400'''	4

Os parâmetros alterados foram a margem de lucro por unidade de *leadtime* reduzido, o número de desvios padrões (que influencia a previsão de estoque médio), o custo de oportunidade (juros), a área máxima disponível para estoque e o capital máximo disponível para aumento dos estoques.

Variou-se a área e o custo em 3 níveis, e esta variação foi a mesma para a verificação dos outros parâmetros. Nota-se que quanto maior a área máxima e custo máximo, maior o número de PSA escolhidos, reduzindo cada vez mais o *leadtime* de entrega e melhorando-se os resultados. Quando se mantêm a margem e os juros constantes, aumentando-se o número de desvios padrão, o ganho tende a diminuir, já que o número de desvios padrões vai determinar o total de estoque médio necessário para o componente. Quando se mantêm a margem e o número de desvios padrão constantes e aumentam-se os juros, constata-se uma redução dos ganhos, pois o custo de estocagem aumenta. O aumento da margem tem impacto direto no ganho.

Com relação ao tempo computacional de execução da heurística versus a quantidade de relacionamentos, nota-se que a quantidade de relacionamentos da base de dados e os tempos de processamento da heurística dependem dos parâmetros definidos pelo usuário, e sofrem influência dos valores gerados randomicamente. Quanto maior for o número de relacionamentos, maior será o número de verificações e cálculos que serão feitos, levando a um tempo maior para se obter os resultados. Para esta verificação foram mantidos estáveis os parâmetros da heurística e foram geradas bases diferentes, com números de relacionamentos diferentes, analisando-se os tempos para a geração de cada base, conforme tabela 4.3.

Tabela 4.3 Resultados de Tempo da Heurística X Quantidade de Relacionamentos

N. de Níveis	PA	PSA/Nível	MP/Nível	Fator	Qtde Rel	Tempo da Heurística
3	3	5	5	3	337	3''819''''
3	3	5	5	4	450	18''643''''
3	3	5	5	5	562	10''813''''
3	10	5	5	3	1125	1'35''45''''
5	5	5	5	5	1562	4'22''154''''
5	10	5	5	3	1875	6'67''429''''
Margem	NDP	Juros	Área Max.	Custo Max.	← Parâmetros constantes para esta verificação	
30	2	1	500	500		

4.1.3 Análise da Heurística de passo único comparada aos resultados do gerador randômico e da busca tabu

Uma terceira fase tratou da comparação entre o resultado da heurística de passo único e os resultados gerados randomicamente e pela heurística baseada em busca tabu. Para isso, partiu-se de uma mesma base de dados e utilizou-se os mesmos parâmetros. No caso do gerador randômico, foram realizados testes com vários tamanhos de base de dados, gerando 10, 50, 100, 1000 soluções para cada base.

Para a busca tabu, foram realizados testes com vários números de iterações diferentes e com tamanho de lista tabu diferentes, partindo-se da solução de passo único obtida.

Foram realizados testes com diversas bases de dados. A Tabela 4.4 apresenta os resultados obtidos com duas bases de dados de tamanhos bastante distintos.

Tabela 4.4 Resultados da heurística de passo único, do gerador randômico e da heurística baseada em busca tabu.

Qtd Rel	Heurística		Randômico				Busca Tabu		
	Tempo	Ganho	Qtd Sol	Tempo	Ganho	%	Tempo	Ganho	%
337	3"819"	R\$ 11.058,93	10	15"528"	R\$ 18.450,14	31	5'39"140"	R\$ 28.692,65	159
			50	1'24"726"	R\$ 18.450,14	41			
			100	3'34"846"	R\$ 18.450,14	44			
1562	2'17"717"	R\$ 84.102,06	10	14'21"681"	R\$ 105.842,11	25	2h16'54"401"	R\$ 216.116,23	157
			50	42'19"337"	R\$ 138.632,07	61			
			100	3h18'45"664"	R\$ 138.632,07	66			

Área máx.	Custo máx.	Iterações BT	Lista tabu	← Parâmetros constantes para estas verificações
500	500	50	7	

4.2 Conclusão

O gerador de BOM mostrou-se eficiente, fornecendo uma estrutura de dados adequada para se trabalhar com o problema tratado neste trabalho. A geração da base é feita de forma bastante rápida, permitindo análises de cenários de forma bastante dinâmica. Este gerador poderá ser utilizado em trabalhos futuros, nos quais variações sobre este problema podem ser melhor exploradas.

A análise de sensibilidade da heurística de passo único mostrou que obviamente, quanto maior a área máxima disponível e o custo máximo disponível, maior é o resultado obtido com a equação Z, visto que se trata de uma relaxação de restrições.

Nota-se também que uma variação no parâmetro relacionado ao número de desvios padrão tem maior impacto sobre o valor de Z que uma variação de mesma proporção no valor dos juros (J). Portanto, uma estimativa precisa do nível adequado do estoque de segurança parece ser mais importante que uma estimativa precisa dos custos de carregamento de estoques.

Quanto à qualidade dos resultados obtidos, nota-se que freqüentemente, o gerador randômico executado diversas vezes consegue resultados melhores que a heurística de passo único executada apenas uma vez. Entretanto, nota-se que para isso, o tempo computacional torna-se bem maior, quase próximo ao obtido com a execução do algoritmo de busca tabu, que por sua vez, obteve resultados muito melhores.

A busca tabu obteve resultados cerca de 150% superiores aos obtidos com a heurística de passo único e cerca de 55 % superiores aos obtidos com o gerador randômico, em tempo computacional bastante aceitável, e próximo ao tempo obtido com o gerador randômico para 100 iterações.

Para o porte dos problemas tratados, verificou-se que um número maior que 50 iterações gerou um aumento do tempo computacional frente a um pequeno aumento do valor de Z, o que indica que o número de 50 iterações parece ser adequado.

Capítulo 5

5.1 Conclusão

A decisão sobre a escolha da estratégia de gestão de demanda nas empresas é geralmente feita de modo empírico, sem uma análise detalhada dos custos e vantagens envolvidas em cada uma das alternativas. Nesta dissertação foi proposto um modelo matemático com objetivo de auxiliar a avaliação da viabilidade econômica da mudança da estratégia Make-to-order para Assembly-to-order. O objetivo foi o de analisar a viabilidade da decisão de se reduzir o tempo de atendimento das solicitações dos clientes por meio da fabricação antecipada e estocagem de produtos semi-acabados, considerando os ganhos e custos envolvidos.

Inicialmente é apresentado um resumo da bibliografia relacionada a estratégias e vantagens competitivas, bem como modelos de gestão da demanda. Os principais artigos relacionados às vantagens e dificuldades do modelo *Assembly-to-order* de gestão da demanda são apresentados.

O problema foi modelado matematicamente e foram propostas duas heurísticas para a solução do problema: uma heurística de passo único e outra baseada em busca tabu. As heurísticas propostas foram testadas demonstrando que a busca tabu apresenta os melhores resultados em tempo computacionalmente viável.

O modelo desenvolvido calcula e mostra a melhora nos valores de Z (ganhos esperados com a redução do *leadtime*), e aponta quais componentes devem ser estocados, justificando a mudança para a estratégia ATO.

O trabalho abordou a situação na qual se manteve a demanda atual e se variou a margem obtendo aumentos nos ganhos. Outros benefícios intangíveis com a redução do *leadtime* tal como melhoria na qualidade do produto não foram considerados.

Verificando a qualidade de resultados da heurística de passo único e comparando com o gerador randômico, constata-se que freqüentemente a geração randômica pode apresentar resultados superiores, indicando que a heurística de passo único para o problema, embora eficiente em termos de tempo computacional, é bastante pobre em termos de qualidade. Uma melhor solução de passo único pode ser proposta.

A busca tabu obteve resultados cerca de 150% superiores aos obtidos com a heurística de passo único e cerca de 55 % superiores aos obtidos com o gerador randômico, em tempo computacional aceitável, e próximo ao tempo obtido com o gerador randômico para 100 iterações. Assim sendo, com a utilização da busca tabu, partir de uma solução de passo único, mesmo pobre parece ser uma estratégia mais adequada á solução do problema que partir da melhor solução randômica obtida.

5.2 Trabalhos futuros

Criação de um *Uper bound* para o problema. Neste trabalho não se estimou à distância entre as soluções obtidas com as heurísticas utilizadas e a solução ótima.

Comparação com outros métodos como *branch and bound*, algoritmos genéticos, *simulated annealing*.

O trabalho abordou a situação na qual se manteve a demanda atual e se variou a margem obtendo aumentos nos ganhos. Um cenário onde ocorra alteração da demanda em função da redução do leadtime ou combinação das duas situações é um possível desdobramento deste trabalho.

A calibração do valor de G_k pode ser trabalho futuro, pois é complexa porque deve-se fazer uma pesquisa de mercado no sentido de quanto seria aceitável de aumento no valor do produto, com a entrega do mesmo em menor prazo.

Um possível desdobramento deste trabalho é sua aplicação em uma indústria.

Referências Bibliográficas

- [BER00] BERTRAND, J. W. M.; ZUIJDERWIJK, M.; HEGGE, H.M.H.; *Using hierarchical pseudo bills of material for customer order acceptance and optimal material replenishment in assemble to order manufacturing of non-modular products* – International Journal of Production Economics, Vol. 66, pg 171-184 - 2000.
- [BER93] BERTRAND, J. W. M.; MUNTSLAG, D. R.; *Production control in engineer to order firms* – International Journal of Production Economics, Vol. 30/31, pg 3-22 - 1993.
- [BRA01] BRASSLER, Axel; SCHNEIDER, Herfried; *Valuation of strategic production decisions* - International Journal Of Production Economics Vol. 69 (2) pp. 119-127, 25-January-2001.
- [BUF68] BUFFA, E.S.; *Operations management, problems and models* - London, Wiley, 1968.
- [BUF87] BUFFA, E.S.; SARIN, R.K.; *Modern Production/Operations Management* - 8ª edição; John Wiley & Sons; 1987.
- [BUR89] BURBIDGE, J. L.; *The simplification of material flow systems* – International Journal of Production Research; 20-339; 1982.
- [COO98] COOK, W; CUNNINGHAN, W.H.; PULLEYBLANK, W.R.; SCHRIJVER, A.: *Combinatorial Optimization*; John Wiley & Sons; 1998.
- [DOB01] DOBOS, Imre. *Production strategies under environmental constraints: Continuous-time model with concave costs*. International Journal Of Production Economics Vol. 71 (1-3) pp.323-330 - 06-May-2001.
- [GLO97] GLOVER, F e LAGUNA, M.; *Tabu Search*. Kluwer Academic Publishers, 1997.
- [GRA93] GRAVES, Stephen. C.; RINNOOY KAN, A.H.G.; ZIPKIN, P.H.: *Logistics of Production and Inventory*. North Holland; Amsterdam; 1993.

- [GUE91] GUERRERO, H.H.: *Demand Management Strategies for Assembly-to-order Production Environments - International Journal of Production Research*; 29(1); 39-51; 1991.
- [HAX89] HAX, A.C. and CANDEA, D.; *Production and Inventory Management*. Prentice-Hall, 1989.
- [IIA01] *Introdução à Inteligência Artificial*; Engenharia Informática, DI-FCT-UNL, Ano 2001 retirado de <http://ssdi.di.fct.unl.pt/~jmp/ia-00-01/Docs/Trabalhos/TP2/tp2.html>
- [IND01] INDERFURTH, Karl; VAN DER LAAN, Erwin. *Leadtime effects and policy improvement for stochastic inventory control with remanufacturing*. *International Journal Of Production Economics* Vol. 71 (1-3) pp. 381-390 – 2001.
- [IND96] INDERFURTH, Karl; SCHEFER, Rainer; *Analysis of order-up-to-S inventory policies under cash flow market value maximization - International Journal of Production Economics* Vol. 46-47 (1-3) pp. 323-338, 01-December-1996.
- [KAR01] KARSAK, E. Ertugrul; TOLGA, Ethem; *Fuzzy multi-criteria decision-making procedure for evaluating advanced manufacturing system investments - International Journal Of Production Economics* Vol. 69 (1) pp. 49-64 - 07-January-2001.
- [KEN01] KENGPOL, Athakorn; O'BRIEN, Christopher; *The development of a decision support tool for the selection of advanced technology to achieve rapid product development - International Journal Of Production Economics* Vol. 69 (2) pp. 177-191-25-January-2001.
- [KIN87] KING, B. E.; BENTON, W.C.: *Alternative Master Production Scheduling Techniques in a Assembly-to-order Environment*; *Journal of Operations Management*; 7(2); 179-201; 1987.
- [KIN96] KINGSMAN, Brian; HENDRY, Linda; MERCER, Alan; SOUZA, Antonio de; *Responding to customer enquiries in make-to-order companies, problems and solutions - International Journal of Production Economics* Vol. 46-47 (1-3) pp. 219-231, 01-December-1996.
- [KOL00] KOLISCH, R.; *Integrated scheduling, assembly área - and part – assignment for large-scale, make-to-order assemblies*. *International Journal of Production Economics* Vol. 64 pg 127-141 – 2000.

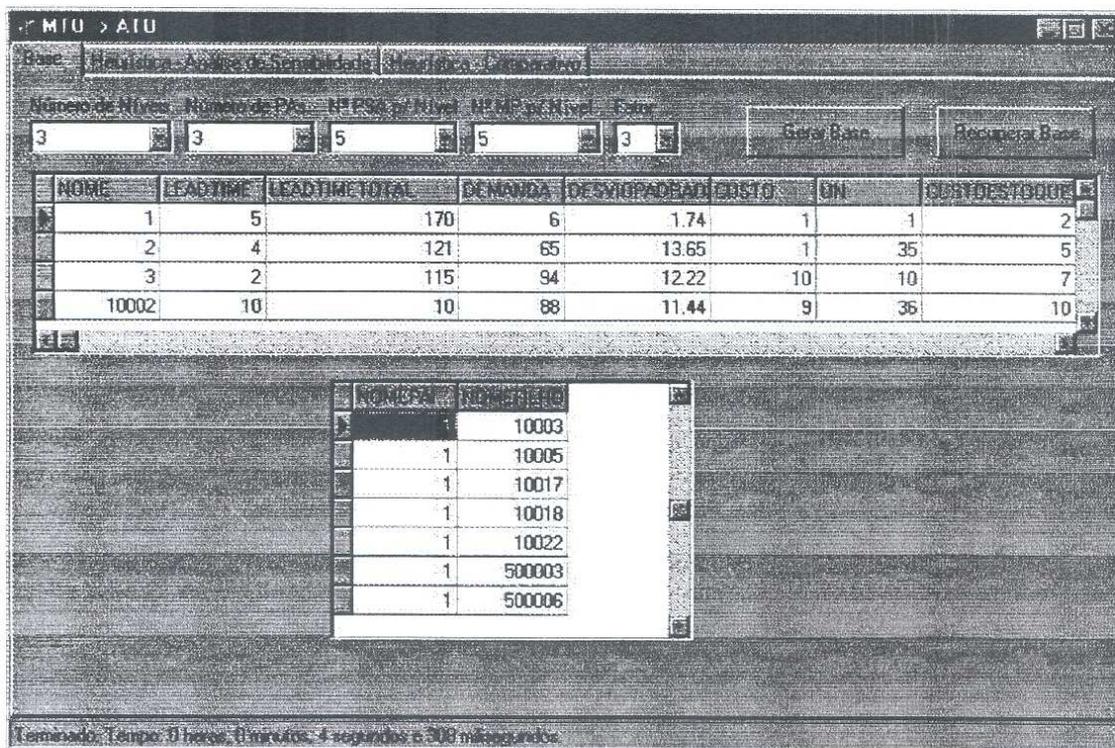
- [MAS99] MASON-JONES, R & TOWILL, D.R.: *Total cycle line compression and the agile supply chain; Engineering Costs And Production Economics*; Vol. 62 pp 61-73 -1999.
- [MAT95] MATTAR, Fauze Najib, *Pesquisa de Marketing 2* – 3ª edição - São Paulo SP, Editora Atlas S.A. – 1995.
- [MAT96] MATTAR, Fauze Najib, *Pesquisa de Marketing 1* – 3ª edição - São Paulo SP, Editora Atlas S.A. – 1996.
- [OHN97] OHNO, Taiichi. *O Sistema Toyota de Produção*. Editora Bookman - Porto Alegre – 1997.
- [PAC01] PACHECO, Ricardo Ferrari; CÂNDIDO, Marco A. B.; *Metodologia de Avaliação da Viabilidade de Mudança de Estratégia de Gestão da Demanda de Make-to-order para Assembly-to-order* in: XXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2001, Salvador BA, Anais do XXI ENEGEP 2001 vol. 1.
- [PED01] PEDROSO, João Pedro; *Problema da mochila (Knapsack problem)*. Disponível no endereço URL: <http://www.ncc.up.pt/~jpp/cia/node43.html> em 2001-11-08.
- [PLA01] PLATTS, K.W.; MILLS,J.F.; NEELY, A.D.; GREGORY, M.J.; RICHARDS,A.H.; *Evaluating manufacturing strategy formulation processes - International Journal of Production Economics* Vol. 46-47 (1-3) pp. 233-240, 01-December-1996.
- [POR86] PORTER, Michael E., *Estratégia competitiva*. Editora Campus – Rio de Janeiro RJ, 1986.
- [POR89] PORTER, Michael E., *A vantagem competitiva das nações*. Editora Campus – Rio de Janeiro RJ, 1989.
- [SHI00] SHINGO, Shingeo. *Sistema de Troca Rápida de Ferramenta*. Editora Bookman – Porto Alegre – 2000.
- [SER96] SERSON, Sandra Mindlin; *Fábrica veloz: um modelo para competir com base no tempo*. Dissertação de Mestrado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção. São Paulo, 1996.
- [SLA99] SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; HARLAND, Christine; HARRISON, Alan; JOHNSTON, Robert. *Administração da Produção*. Editora Atlas – São Paulo SP, 1999.

- [SLA93] SLACK, Nigel. *Vantagem competitiva em manufatura*. Editora Atlas – São Paulo SP, 1993.
- [STA93] STALK, Jr. G.; HOUT, T. M.; *Competindo contra o tempo*. Editora Campus - Rio de Janeiro RJ, 1993.
- [TAV97] TAVEIRA, Ricardo Ayer; *Uma metodologia para aperfeiçoamento da mudança para um sistema de produção Just-in-Time em uma indústria Metalúrgica, usando simulação discreta e técnicas de projeto de experimentos de Taguchi*. Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção como requisito à obtenção do grau de Mestre em Engenharia-Florianópolis, Março de 1997. Disponível no endereço URL: <http://www.eps.ufsc.br/disserta97/taveira/cap2.htm>
- [VOL93] VOLLMAN, T.E.; *Integrated Production and Inventory Management Revitalizing the Manufacturing Enterprise*. USA, Ed. Richard D. Irwin, 1993.
- [ZOT01] ZOTTERI, Giulio; VERGANTI, Roberto. *Multi-level approaches to demand management in complex environments: an analytical model*. International Journal Of Production Economics Vol. 71 (1-3) pp. 221-233 - 06-May-2001.
- [WAT99] WATHIER, Adair José; *Implementação distribuída da Busca Tabu para solução do problema de sequenciamento em processadores paralelos*. Curso de Bacharelado em Informática, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, Março de 1999.
- [WOM98] WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. *A mentalidade enxuta nas empresas*. Editora Campus – Rio de Janeiro – 1998.
- [YAM99] YAMAMOTO, Missae; CÂMARA, Gilberto; LORENA, Luiz Antonio Nogueira; *Uma aplicação da Busca Tabu ao problema de rotulação cartográfica de pontos*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Disponível no endereço URL: http://www.dpi.inpe.br/geopro/trabalhos/gisbrasil99/busca_tabu/ em 08/11/2001.

Apêndice A

Telas do programa

A.1 Tela Base - Parâmetros e geração da Base



MIU > ATU

Base | Análise de Sensibilidade | Novos dados

Número de Níveis: 3 | Número de PCs: 3 | Nº PCs por Nível: 5 | Nº MP por Nível: 5 | Data: 3

Gera Base | Recupera Base

NOME	LEADTIME	LEADTIME TOTAL	DEMANDA	DESVIOPADRAO	CUSTO	UN	SUBTOSTABOES
1	5	170	6	1.74	1	1	2
2	4	121	65	13.65	1	35	5
3	2	115	94	12.22	10	10	7
10002	10	10	88	11.44	9	35	10

NOME	NOME100
	10003
-1	10005
-1	10017
-1	10018
-1	10022
-1	500003
-1	500006

Terminado. Tempo: 01 horas, 01 minutos, 4 segundos e 308 milissegundos

A.2 Tela Heurística – Análise de Sensibilidade

MTO > ATO

Base: Heurística - Análise de Sensibilidade | Heurística - Comparativo

Margem: 30 | n°OP: 2 | n°Lotes: 1 | Anos: 2000 | Custo: 2000 | Heurística

NOME STOCK	CANHS	MARGEM	OP	QDAYS	QTOE PSA
1	21731.34	30	2	1	6
2	10723.11	30	2	1	8

QDADA	QOME PSA
	10009
1	10018
1	10021
2	10005
2	10007
2	10009
2	10011

Terminado: Tempo: 0 horas: 0 minutos: 7 segundos e 891 milisegundos.

A.3 Tela Heurística - Comparativo

MTD > ATO

Parâmetros de Análise de Complexidade Heurística - Comparativo

Botão: Comparar

PROJETO	PROBLEMA	SISTEMA	MARGEM	DE	TIPO	HEURÍSTICA
10723.11	2000	2000	30	2	1	8

PROBLEMA	TIPO
1	10005
1	10006
1	10007
1	10009
1	10018
1	10021
2	10005
2	10007
2	10009
2	10011
2	10015
2	10017
2	10018
2	10022
3	10003

Terminado: Tempo: 0 horas, 0 minutos, 7 segundos e 991 milisegundos.

Apêndice B

Código do programa

B.1 Parte do código desenvolvido em Delphi6

```
unit uMain;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls,
  Forms, Dialogs, IBSQL, DB, IBDatabase, StdCtrls, IBCustomDataSet,
  IBTable, Grids, DBGrids, IBQuery, ComCtrls;
var
  MaxMP :Integer;           Nivel :Integer;           Fator :Integer;
  MaxPA :Integer;          PA :Integer;           Margem:Integer;
  MaxPSA:Integer;          PSA :Integer;           UltimaDemanda:Integer;
  MaxRel:Integer;          MP :Integer;
type
  TfMain = class(TForm)
    DBGrid1: TDBGrid;
    StatusBar: TStatusBar;
    DBGrid2: TDBGrid;
    PageControl1: TPageControl;
    cbNiveis: TComboBox;
    TabSheet1: TTabSheet;
    cbNumPA: TComboBox;
    Label1: TLabel;
    cbNumPSA: TComboBox;
    Label2: TLabel;
    cbNumMP: TComboBox;
    Label3: TLabel;
    cbFator: TComboBox;
    Label4: TLabel;
    Transaction: TIBTransaction;
    Label5: TLabel;
    Database: TIBDatabase;
    Button1: TButton;
    Command: TIBSQL;
```

```

DataSource1: TDataSource;
DataSource2: TDataSource;
IBTable1: TIBQuery;
pbGerando: TProgressBar;
lblGerando: TLabel;
TabSheet2: TTabSheet;
IBTable2: TIBQuery;
Label7: TLabel;
cbArea: TComboBox;
Label8: TLabel;
cbCusto: TComboBox;
Button2: TButton;
IBQuery1: TIBQuery;
DataSource3: TDataSource;
DBGrid3: TDBGrid;
IBQuery2: TIBQuery;

DataSource4: TDataSource;
DBGrid4: TDBGrid;
cbMargem: TComboBox;
Label6: TLabel;
cbDP: TComboBox;
Label9: TLabel;
cbJuros: TComboBox;
Label10: TLabel;
Button3: TButton;
TabSheet3: TTabSheet;
Button4: TButton;
qryNumProb: TIBQuery;
DBGrid5: TDBGrid;
DBGrid6: TDBGrid;
IBQuery3: TIBQuery;
DataSource5: TDataSource;

procedure Button1Click(Sender: TObject);
procedure FormCreate(Sender: TObject);
procedure Button2Click(Sender: TObject);
procedure Button3Click(Sender: TObject);
procedure Button4Click(Sender: TObject);

private
function DesvioPadrao: Extended;
{ Private declarations }
public
{ Public declarations }

Procedure PopularMP;
Procedure PopularPA;
Procedure PopularPSA;
Procedure GeraRel;
Procedure Titulo(aTitulo:String);
Function Demanda: String;
Function LeadTime: String;
Function Custo: String;
Function UN: String;
Function CustoEstoque: String;

```

```

Function AreaItem: String;
Function GeraRandom: String;
end;
var
  fMain: TfMain;
implementation
  {$R *.dfm}

procedure TfMain.Button1Click(Sender: TObject);
var
  Inicio, Fim, Tempo: Integer;
  Horas, Minutos, Segundos, Milisegundos: Integer;
begin
  Inicio := GetTickCount();
  Enabled := false;
  try
    Nivel := StrToInt(cbNiveis.Items[cbNiveis.ItemIndex]);
    PA := StrToInt(cbNumPA .Items[cbNumPA .ItemIndex]);
    PSA := StrToInt(cbNumPSA.Items[cbNumPSA.ItemIndex]);
    MP := StrToInt(cbNumMP .Items[cbNumMP .ItemIndex]);
    Fator := StrToInt(cbFator .Items[cbFator .ItemIndex]);
    MaxPA := PA;
    MaxPSA := Nivel * PA * PSA div 2;
    MaxMP := MaxPSA div 2;
    MaxRel := Nivel * PA * PSA * MP * Fator div 2;
    IBTable1.Close;
    IBTable2.Close;
    Transaction.Active := false;
    Randomize;
    Titulo('Apagando dados...');
    Transaction.StartTransaction();
    try
      Command.SQL.Text := 'EXECUTE PROCEDURE APAGAR_BANCO';
      Command.ExecQuery();
      Command.SQL.Text := 'INSERT INTO PARAMETROS (NIVEL, PA, PSA, MP, FATOR)
        VALUES ('+IntToStr(NIVEL)+' , '+IntToStr(PA)+' , '+IntToStr(PSA)+' ,
        '+IntToStr(MP)+' , '+IntToStr(FATOR)+' )';
      Command.ExecQuery();
    Transaction.Commit();
  
```

```

except
Transaction.Rollback();
end;
PopularMP;
PopularPA;
PopularPSA;
GeraRel;
IBTable1.Open;
IBTable2.Open;
finally
Enabled := true;
Fim := GetTickCount();
Tempo := Fim - Inicio;
Milisegundos := Tempo mod 1000;
Tempo := Tempo div 1000;
Segundos := Tempo mod 60;
Tempo := Tempo div 60;
Minutos := Tempo mod 60;
Tempo := Tempo div 60;
Horas := Tempo;
Titulo('Terminado.Tempo:'+IntToStr(Horas)+'horas,'+IntToStr(Minutos)+
'minutos,'+IntToStr(Segundos)+'segundos e '+IntToStr(Milisegundos)+
'milisegundos.');
```

```

end
end;

procedure TfMain.PopularMP;
var
I: Integer;
Nome: String;
SQL: String;
lDemanda: String;
lDesvioPadrao: String;
begin
Titulo('Populando MP...');
Transaction.StartTransaction();
try
for I := 500001 to 500000 + MaxMP do
begin
```

```

Nome := IntToStr(I);
lDemanda := Demanda;
lDesvioPadrao := FloatToStr(DesvioPadrao);
SQL:= ' INSERT INTO Produto (NOME, DEMANDA, DesvioPadrao, TIPO, LEADTIME)
      values ('+Nome+', '+lDemanda+', '+lDesvioPadrao+', 'M',
            '+LeadTime+')';
Command.SQL.Text := SQL;
Command.ExecQuery();
end;
Transaction.Commit();
except
Transaction.Rollback();
end;
end;

procedure TfMain.PopularPA;
var
I: Integer;
Nome: String;
SQL: String;
lDemanda, lDesvioPadrao: String;
begin
Titulo('Populando PA..');
Transaction.StartTransaction();
try
for I := 1 to MaxPA do
begin
Nome := IntToStr(I);
lDemanda := Demanda;
lDesvioPadrao := FloatToStr(DesvioPadrao);
SQL:= 'INSERT INTO Produto (NOME, DEMANDA, DesvioPadrao, TIPO, LEADTIME,
      CUSTO, UN, CUSTOESTOQUE, AREAITEM) values ('+Nome+', '+lDemanda+',
      '+lDesvioPadrao+', 'A', '+LeadTime+', '+Custo+', '+UN+',
      '+CustoEstoque+', '+AreaItem+')';
Command.SQL.Text := SQL;
Command.ExecQuery();
end;
Transaction.Commit();
except

```

```
Transaction.Rollback();
end;
end;
procedure TfMain.PopularPSA;
var
  I: Integer;
  Nome: String;
  SQL: String;
  lDemanda, lDesvioPadrao: String;
begin
  Titulo('Populando PSA...');
  Transaction.StartTransaction();
  try
    for I := 10001 to 10000 + MaxPSA do
      begin
        Nome := IntToStr(I);
        lDemanda := Demanda;
        lDesvioPadrao := FloatToStr(DesvioPadrao);
        SQL:= 'INSERT INTO Produto (NOME, DEMANDA, DesvioPadrao, TIPO,
          LEADTIME, CUSTO, UN, CUSTOESTOQUE, AREAITEM) values ('+Nome+',
          '+lDemanda+', '+lDesvioPadrao+', 'S', '+LeadTime+', '+Custo+',
          '+UN+', '+CustoEstoque+', '+AreaItem+')';
        Command.SQL.Text := SQL;
        Command.ExecQuery();
      end;
    Transaction.Commit();
  except
    Transaction.Rollback();
  end;
end;

procedure TfMain.FormCreate(Sender: TObject);
begin
  Database.Connected := true;
end;

function TfMain.Demanda: String;
begin
  DecimalSeparator := '.';
```

```
UltimaDemanda := Random(100)+1;
Result := IntToStr(UltimaDemanda);
end;

function TfMain.DesvioPadrao: Extended;
begin
    Result := UltimaDemanda;
    Result := Result * ((Random(20)+10) / 100);
end;

function TfMain.AreaItem: String;
begin
    Result := IntToStr(Random(50)+1);
end;

function TfMain.Custo: String;
begin
    Result := IntToStr(Random(10)+1);
end;

function TfMain.CustoEstoque: String;
begin
    Result := IntToStr(Random(10)+1);
end;

function TfMain.LeadTime: String;
begin
    Result := IntToStr(Random(10)+1);
end;

function TfMain.UN: String;
begin
    Result := IntToStr(Random(50)+1);
end;

procedure TfMain.GeraRel;
var I:Integer;
begin
    lblGerando.Visible := true;
    pbGerando.Visible := true;
```

```

pbGerando .Max := MaxRel;
pbGerando .Position := 0;
try
for I := 1 to MaxRel do
begin
if (I mod 10) = 1 then
begin
pbGerando.Position := I;
Titulo ('Gerando relacionamento de '+IntToStr(I)+' a '+IntToStr(I + 9)+'
de um total de '+IntToStr(MaxRel)+'...');
end;
Transaction.StartTransaction();
try
Command.SQL.Text := 'INSERT INTO TABREL (NOMEPAI, NOMEFILHO) VALUES
('+GeraRandom()+', '+GeraRandom()+)';
Command.ExecQuery();
Transaction.Commit();
except
Transaction.Rollback();
end;
end;
Transaction.StartTransaction();
Command.SQL.Text := 'EXECUTE PROCEDURE RemoverPerdidos';
Command.ExecQuery();
Transaction.Commit();
finally
lblGerando.Visible := false;
pbGerando .Visible := false;
end;
end;

function TfMain.GeraRandom: String;
var
R: Integer;
begin
R := Random(MaxMP+MaxPA+MaxPSA) + 1;
if R > MaxPA then
begin
R := R + 10000 - MaxPA{*fator};

```

```
if R > 10000 + MaxPSA then
R := R + 500000 - 10000 - MaxPSA;
end;
Result := IntToStr(R);
end;

procedure TfMain.Titulo(aTitulo: String);
begin
  StatusBar.Panels[0].Text := aTitulo;
  Application.ProcessMessages();
end;

procedure TfMain.Button2Click(Sender: TObject);
var {BOTÃO HEURÍSTICA}
  Inicio, Fim, Tempo: Integer;
  Horas, Minutos, Segundos, Milisegundos: Integer;
  Erro: Boolean;
  MsgErro: String;
  NDP, Juros: String;
begin
  Inicio := GetTickCount();
  if not Transaction.InTransaction then
    Transaction.StartTransaction();
  Margem := StrToInt(cbMargem.Items[cbMargem.ItemIndex]);
  NDP := cbDP.Items[cbDP.ItemIndex];
  Juros := cbJuros.Items[cbJuros.ItemIndex];
  Command.SQL.Text:= 'UPDATE PARAMETROS SET CUSTOTOTAL =
  '+cbCusto.Items[cbCusto.ItemIndex]+' , AREATOTAL
  =' +cbArea.Items[cbArea.ItemIndex]+' , DESVIOPADRAO='+NDP+',
  MARGEM='+IntToStr(Margem)+' , JUROS='+Juros;
  Command.ExecQuery();
  Transaction.CommitRetaining();
  Erro := false;
  try
    Command.SQL.Text := 'EXECUTE PROCEDURE HEURISTICA';
    Command.ExecQuery();
    Transaction.CommitRetaining();
  except on E: Exception do
    begin
```

```
Transaction.RollbackRetaining();
Erro := true;
MsgErro := E.Message;
end;
end;
Fim := GetTickCount();
Tempo := Fim - Inicio;
Milisegundos := Tempo mod 1000;
Tempo := Tempo div 1000;
Segundos := Tempo mod 60;
Tempo := Tempo div 60;
Minutos := Tempo mod 60;
Tempo := Tempo div 60;
Horas := Tempo;
Titulo('Terminado.Tempo: '+IntToStr(Horas)+'horas, '+IntToStr(Minutos)+'
minutos, '+IntToStr(Segundos)+'segundos e'+IntToStr(Milisegundos)+'
milisegundos.');
```

```
if Erro then
ShowMessage('Não foi possível gerar a Heurística.'+#13+'Erro: '+MsgErro);
IBQuery1.Close();
IBQuery1.Open();
IBQuery2.Close();
IBQuery2.Open();
IBQuery3.Close();
IBQuery3.Open();
end;
```

```
procedure TfMain.Button3Click(Sender: TObject);
begin
IBTable1.Open;
IBTable2.Open;
IBQuery1.Open;
IBQuery2.Open;
IBQuery3.Open;
end;
```

```
procedure TfMain.Button4Click(Sender: TObject);
var
NumRel: integer;
```

```

NumProb: integer;
I, j: integer;
nPSAnaBase: integer;
nPSAaGerar: integer;
begin
  qryNumProb.Open;
  NumRel := qryNumProb.Fields[0].AsInteger;
  nPSAnaBase := qryNumProb.Fields[1].AsInteger;
  qryNumProb.Close;
  NumProb := (NumRel * (Random(10)+1)) div 100;
  if not Transaction.InTransaction then
    Transaction.StartTransaction;
  try
    for I := 1 to NumProb do
      begin
        // Transaction.StartTransaction;
        Command.SQL.Text := 'execute procedure CopiarParametros';
        Command.ExecQuery;
        nPSAaGerar := Random(NumRel div 2);
        for j := 0 to nPSAaGerar do
          begin
            try
              Command.SQL.Text:= 'execute procedure EscolherPSA
                ('+IntToStr(Random(nPSAnaBase))+')';
              Command.ExecQuery();
            except
              end;
            end;
            Transaction.CommitRetaining;
          // Transaction.StartTransaction;
          Command.SQL.Text := 'execute procedure comparativo';
          Command.ExecQuery();
          Transaction.CommitRetaining;
        end;
        except on E: Exception do
          begin
            Transaction.RollbackRetaining;
            ShowMessage('Erro: '+E.Message);
          end;

```

```

end;

IBQuery1.Close();
IBQuery1.Open();
IBQuery2.Close();
IBQuery2.Open();
IBQuery3.Close();
IBQuery3.Open();

end;

end.

```

B.2 Parte do código desenvolvido em InterBase6

```

CREATE DOMAIN "BOOLEAN" AS CHAR(1)
    default 'F'
    check (value in ('T', 'F')) NOT NULL;
CREATE DOMAIN "NUMERICNOTNULL" AS NUMERIC(9, 2) NOT NULL;

CREATE TABLE "BUSCATABU"
("NOME" INTEGER, "ESTOQUE" INTEGER, "TABU" NUMERIC(9,2), "ITERAC"
NUMERIC(9, 2), "RESULTADO" NUMERIC(9, 2), "GANHO" NUMERIC(9,2), "MOV"
NUMERIC(9, 2));

CREATE TABLE "CALC"
("NOMEPSA" INTEGER, "DIFERENCALEADTIME" NUMERIC(9, 2), "CUSTOPSA"
NUMERIC(9, 2), "NOMEPA" INTEGER, "GANHOI" NUMERIC(9, 2), "GANHOG"
NUMERIC(9, 2), "RODADA" INTEGER);

CREATE TABLE "ESTATISTICA"
("NOME" INTEGER NOT NULL, "NUMESTOQUE" INTEGER NOT NULL, "GANHO"
NUMERIC(9, 2), CONSTRAINT "PKESTATISTICA" PRIMARY KEY ("NOME",
NUMESTOQUE));

CREATE TABLE "PARAMETROS"
("NIVEL" INTEGER, "PA" INTEGER, "PSA" INTEGER, "MP" INTEGER,
"FATOR" INTEGER, "MARGEM" NUMERIC(9, 2), "CUSTOTOTAL" NUMERIC(9, 2),
"AREATOTAL" NUMERIC(9, 2), "DESVIOPADRAO" NUMERIC(9, 2), "JUROS" NUMERIC(9,
2));

```

```

CREATE TABLE "PARAMETROSESTATISTICA"
( "NUM"      INTEGER NOT NULL, "AREATOTAL" "NUMERICNOTNULL",      "CUSTOTOTAL"
"NUMERICNOTNULL", "COMPARATIVO"      "BOOLEAN", "MARGEM"      NUMERIC(9, 2),
"DP" NUMERIC(9, 2), "JUROS" NUMERIC(9, 2), "QTDE_PSA"      INTEGER,
PRIMARY KEY ("NUM"));

CREATE TABLE "PRODUTO"
( "NOME"      INTEGER NOT NULL, "LEADTIME"      NUMERIC(9,      2),      "DEMANDA"
NUMERIC(9, 2), "DESVIOPADRAO" NUMERIC(9, 2), "CUSTO" NUMERIC(9, 2), "UN"
INTEGER, "CUSTOESTOQUE" NUMERIC(9, 2), "AREAITEM"      NUMERIC(9, 2), "TIPO"
CHAR(1), "GANHO" NUMERIC(9, 2), "ESTOQUE"      INTEGER, PRIMARY KEY
("NOME"));

CREATE TABLE "PSA_ESCOLHIDO"
( "NUM"      INTEGER NOT NULL, "NOME"      INTEGER NOT NULL, PRIMARY KEY
("NUM", "NOME"));

CREATE TABLE "RESULT"
( "NOME"      INTEGER, "RESULTADO"      NUMERIC(9,      2),      "GANHOFINAL"
NUMERIC(9,2), "RODADA" INTEGER);

CREATE TABLE "TABREL"
("NOMEPAI" INTEGER NOT NULL, "NOMEFILHO" INTEGER NOT NULL, PRIMARY KEY
"NOMEPAI", "NOMEFILHO"));

CREATE TABLE "WORKTABLE"
("NOME"      INTEGER);

ALTER TABLE "ESTATISTICA" ADD CONSTRAINT "ESTATISTICA_PARAMETROSEST_REL"
FOREIGN KEY ("NUMESTOQUE") REFERENCES PARAMETROSESTATISTICA ("NUM");
ALTER TABLE "ESTATISTICA" ADD CONSTRAINT "ESTATISTICA_PRODUTO_REL" FOREIGN
KEY ("NOME") REFERENCES PRODUTO ("NOME") ON UPDATE CASCADE ON DELETE
CASCADE;

ALTER TABLE "PSA_ESCOLHIDO" ADD CONSTRAINT "PSAESCOLHIDO_PRODUTO_REL"
FOREIGN KEY ("NOME") REFERENCES PRODUTO ("NOME");

ALTER TABLE "PSA_ESCOLHIDO" ADD CONSTRAINT "PSAESC_PARAMESTATISTICA_REL"
FOREIGN KEY ("NUM") REFERENCES PARAMETROSESTATISTICA ("NUM");

ALTER TABLE "TABREL" ADD CONSTRAINT "TABREL_NOMEFILHO" FOREIGN KEY
("NOMEFILHO") REFERENCES PRODUTO ("NOME") ON DELETE CASCADE;

```

```
ALTER TABLE "TABREL" ADD CONSTRAINT "TABREL_NOMEPAI" FOREIGN KEY
("NOMEPAI") REFERENCES PRODUTO ("NOME");
```

```
CREATE VIEW "VIEWPRODUTOTOTAL"
( "NOME", "LEADTIME", "DEMANDA", "DESVIOPADRAO", "CUSTO", "UN",
"CUSTOESTOQUE", "AREAITEM", "TIPO", "GANHO", "ESTOQUE", "EM", "CUSTOTOTAL")
AS
```

```
select Nome, LeadTime, Demanda, Produto.DesvioPadrao, Custo, UN,
CustoEstoque, AreaItem, Tipo, Ganho, Estoque,
Demanda*Produto.DesvioPadrao*Parametros.DesvioPadrao, (select sum(Custo)
from TrazerArvoreProduto (Produto.Nome))
from Produto, Parametros;
```

```
ALTER TABLE "PRODUTO" ADD check (tipo in ('A', 'S', 'M'));
```

```
CREATE EXCEPTION "EXCESSO_FILHOS" 'Excesso de Filhos.';
```

```
CREATE EXCEPTION "HIERARQUIA_INCORRETA" 'Hierarquia Incorreta.';
```

```
CREATE EXCEPTION "REFERENCIA_CIRCULAR" 'Referência Circular Inválida.';
```

```
CREATE EXCEPTION "VALORES_IGUAIS_INVALIDOS" 'Valores iguais são
inválidos.';
```

```
CREATE PROCEDURE "APAGAR_BANCO"
```

```
AS BEGIN EXIT; END ^
```

```
CREATE PROCEDURE "ATUALIZARGANHO"
```

```
("NOME" INTEGER, "DIFERENCALEADTIME" NUMERIC(9, 2), "CUSTOPSA" NUMERIC(9,2))
```

```
AS BEGIN EXIT; END ^
```

```
CREATE PROCEDURE "ATUALIZARGANHOPSA"
```

```
("NOME" INTEGER)AS BEGIN EXIT; END ^
```

```
CREATE PROCEDURE "BUSCA"
```

```
AS BEGIN EXIT; END ^
```

```
CREATE PROCEDURE "COMPARATIVO"
```

```
AS BEGIN EXIT; END ^
```

```
CREATE PROCEDURE "COPIARPARAMETROS"
```

```
AS BEGIN EXIT; END ^
```

```
CREATE PROCEDURE "COPIA_BUSCATABU"  
AS BEGIN EXIT; END ^
```

```
CREATE PROCEDURE "CORRIGIRAREAITEM"  
AS BEGIN EXIT; END ^
```

```
CREATE PROCEDURE "ESCOLHERPSA"  
("AUTONUMERACAO" INTEGER)  
AS BEGIN EXIT; END ^
```

```
CREATE PROCEDURE "GANHO_BUSCA"  
("NOME" INTEGER, "DIFERENCALEADTIME" NUMERIC(9, 2), "CUSTOPSA"  
NUMERIC(9,2))  
AS BEGIN EXIT; END ^
```

```
CREATE PROCEDURE "G_INICIAL"  
AS BEGIN EXIT; END ^
```

```
CREATE PROCEDURE "HEURISTICA"  
AS BEGIN EXIT; END ^
```

```
CREATE PROCEDURE "LERAREACUSTOS"  
RETURNS  
("NOME" INTEGER, "AREARAMO" NUMERIC(9, 2), "CUSTORAMO" NUMERIC(9, 2),  
"SOMARAMO" NUMERIC(9, 2))  
AS BEGIN EXIT; END ^
```

```
CREATE PROCEDURE "LERAREAS"  
RETURNS  
("NOME" INTEGER, "AREARAMO" NUMERIC(9, 2))  
AS BEGIN EXIT; END ^
```

```
CREATE PROCEDURE "LERCUSTOS"  
RETURNS  
("NOME" INTEGER, "CUSTORAMO" NUMERIC(9, 2))  
AS BEGIN EXIT; END ^
```

```
CREATE PROCEDURE "LERCUSTOTOTAL"  
RETURNS
```

```
("NOME" INTEGER, "CUSTOTOTAL" NUMERIC(9, 2))  
AS BEGIN EXIT; END ^
```

```
CREATE PROCEDURE "LERMAIORAREAITEM"  
("NOMEIN" INTEGER)  
RETURNS  
("AREAITEM" NUMERIC(9, 2))  
AS BEGIN EXIT; END ^
```

```
CREATE PROCEDURE "LERMAIORCUSTO"  
("NOMEIN" INTEGER)  
RETURNS  
("CUSTO" NUMERIC(9, 2))  
AS BEGIN EXIT; END ^
```

```
CREATE PROCEDURE "LERMAIORLEADTIME"  
("NOMEIN" INTEGER)  
RETURNS  
("LEADTIME" NUMERIC(9, 2))  
AS BEGIN EXIT; END ^
```

```
CREATE PROCEDURE "LERMEDIAREA"  
RETURNS  
("NOME" INTEGER, "MEDIA" NUMERIC(9, 2))  
AS BEGIN EXIT; END ^
```

```
CREATE PROCEDURE "LERMEDIAREACUSTO"  
RETURNS  
("NOME" INTEGER, "AREA" NUMERIC(9, 2), "CUSTO" NUMERIC(9, 2), "SOMA"  
NUMERIC(9, 2))  
AS BEGIN EXIT; END ^
```

```
CREATE PROCEDURE "LERMEDIACUSTO"  
RETURNS  
("NOME" INTEGER, "MEDIACUSTO" NUMERIC(9, 2))  
AS BEGIN EXIT; END ^
```

```
CREATE PROCEDURE "LERMEDIAGIP"  
("NOME" INTEGER)
```

```
RETURNS
("GIP" NUMERIC(9, 2))
AS BEGIN EXIT; END ^

CREATE PROCEDURE "LERSOMATORIAS"
RETURNS
("NOME" INTEGER, "QTDENOS" INTEGER, "LEADTIME" NUMERIC(9, 2), "DEMANDA"
NUMERIC(9, 2), "CUSTO" NUMERIC(9, 2), "AREAITEM" NUMERIC(9, 2),
"CUSTOESTOQUE" NUMERIC(9, 2))
AS BEGIN EXIT; END ^

CREATE PROCEDURE "LISTARCOMPARATIVOS"
RETURNS
("NUM" INTEGER, "AREATOTAL" NUMERIC(9, 2), "CUSTOTOTAL" NUMERIC(9, 2))
AS BEGIN EXIT; END ^

CREATE PROCEDURE "ORDERBY_AREACUSTO"
RETURNS
("NOME" INTEGER, "AREA" NUMERIC(9, 2), "CUSTO" NUMERIC(9, 2), "SOMA"
NUMERIC(9, 2))
AS BEGIN EXIT; END ^

CREATE PROCEDURE "POPULA_BUSCATABU"
AS BEGIN EXIT; END ^

CREATE PROCEDURE "REMOVERPERDIDOS"
AS BEGIN EXIT; END ^

CREATE PROCEDURE "TESTA_AREACUSTO_BUSCA"
AS BEGIN EXIT; END ^

CREATE PROCEDURE "TESTE_BUSCA"
AS BEGIN EXIT; END ^

CREATE PROCEDURE "TRAZERARVORE"
("NOMEORIGINAL" INTEGER)
RETURNS
( "NOME" INTEGER)
AS BEGIN EXIT; END ^
```

```
CREATE PROCEDURE "TRAZERARVOREACIMA"
```

```
("NOMEORIGINAL" INTEGER)
```

```
RETURNS
```

```
("NOME" INTEGER)
```

```
AS BEGIN EXIT; END ^
```

```
CREATE PROCEDURE "TRAZERARVOREPRODUTO"
```

```
("NOMEORIGINAL" INTEGER)
```

```
RETURNS
```

```
("NOME" INTEGER, "LEADTIME" NUMERIC(9, 2), "DEMANDA" NUMERIC(9, 2),  
"DESVIOPADRAO" NUMERIC(9, 2), "CUSTO" NUMERIC(9, 2), "UN" INTEGER,  
"CUSTOESTOQUE" NUMERIC(9, 2), "AREAITEM" NUMERIC(9, 2), "TIPO" CHAR(1))
```

```
AS BEGIN EXIT; END ^
```

```
CREATE PROCEDURE "TRAZERARVOREPRODUTOACIMA"
```

```
("NOMEORIGINAL" INTEGER)
```

```
RETURNS
```

```
("NOME" INTEGER, "LEADTIME" NUMERIC(9, 2), "DEMANDA" NUMERIC(9, 2),  
"DESVIOPADRAO" NUMERIC(9, 2), "CUSTO" NUMERIC(9, 2), "UN" INTEGER,  
"CUSTOESTOQUE" NUMERIC(9, 2), "AREAITEM" NUMERIC(9, 2), "TIPO" CHAR(1))
```

```
AS BEGIN EXIT; END ^
```

```
CREATE PROCEDURE "TRAZERFILHOS"
```

```
("NOMEPAI" INTEGER)
```

```
RETURNS
```

```
("NOMEFILHO" INTEGER)
```

```
AS BEGIN EXIT; END ^
```

```
CREATE PROCEDURE "TRAZER NOMEPSA"
```

```
("AUTONUMERACAO" INTEGER)
```

```
RETURNS
```

```
("NOME" INTEGER)
```

```
AS BEGIN EXIT; END ^
```

```
CREATE PROCEDURE "TRAZERPAIS"
```

```
("NOMEFILHO" INTEGER)
```

```
RETURNS
```

```
("NOMEPAI" INTEGER)
```

```
AS BEGIN EXIT; END ^
```

```
CREATE PROCEDURE "VALIDARAREAITEM"
```

```
("NOMEPAI" INTEGER)
```

```
AS BEGIN EXIT; END ^
```

```
CREATE PROCEDURE "VALIDARFILHOSRECURSIVO"
```

```
("NOMEPAI" INTEGER,"NIVEL" INTEGER)
```

```
AS BEGIN EXIT; END ^
```

```
CREATE PROCEDURE "VALIDARPAISRECURSIVO"
```

```
("NOMEFILHO" INTEGER)
```

```
AS BEGIN EXIT; END ^
```

```
CREATE PROCEDURE "VALIDATEPRODUTO"
```

```
("NOME" INTEGER)
```

```
AS BEGIN EXIT; END ^
```

```
CREATE PROCEDURE "VALIDATEREL"
```

```
("NOMEPAI" INTEGER,"NOMEFILHO" INTEGER)
```

```
AS BEGIN EXIT; END ^
```

```
ALTER PROCEDURE "APAGAR_BANCO"
```

```
AS
```

```
begin
```

```
delete from psa_escolhido;
```

```
delete from estatistica;
```

```
delete from parametrosestatistica;
```

```
delete from parametros;
```

```
delete from tabrel;
```

```
delete from produto;
```

```
delete from calc;
```

```
delete from result;
```

```
delete from BuscaTabu;
```

```
end ^
```

```
ALTER PROCEDURE "ATUALIZARGANHO"
```

```

("NOME" INTEGER,"DIFERENCALEADTIME" NUMERIC(9, 2),"CUSTOPSA" NUMERIC(9,2))
AS
declare variable NomePA integer; declare variable NomeTemp integer;
declare variable Rodada integer; declare variable Comp char(1);
declare variable GanhoI numeric (9,2); declare variable GanhoX numeric
(9,2); declare variable GanhoX2 numeric (9,2); declare variable GanhoG
numeric (9,2); declare variable lcount numeric (9,2);
begin
GanhoX=0; GanhoX2=0; GanhoG=0; lcount=0;
select max(estoque) from produto where (estoque is not null) into :Rodada;
for select Nome from TrazerArvoreAcima(:Nome) into :NomeTemp do
begin
for select Nome from Produto where Nome=:NomeTemp and Tipo = 'A' into
:NomePA do
begin
select resultado from result where nome=:NomePA and rodada=:Rodada
into :GanhoI;
GanhoX = (:GanhoI * :DiferencaLeadTime);
update Produto set
Ganho = :GanhoX
where
Nome = :NomePA;
GanhoX2 = GanhoX2+GanhoX;
lcount=lcount+1;
end
end
GanhoG = GanhoX2 - :CustoPSA;
if (GanhoG>1) then
begin
insert into Calc (NomePSA, DiferencaLeadTime, CustoPSA, NomePA,
GanhoI, GanhoG, Rodada)
values (:Nome,:DiferencaLeadTime, :CustoPSA,(5000+:Rodada), :GanhoX2, :GanhoG, :Rodada);
insert into Result (Nome, Resultado, GanhoFinal, Rodada) values
(:Nome, :GanhoG, :lcount, :Rodada);
update Result set
GanhoFinal = GanhoFinal+:GanhoG
where (resultado is null) and rodada = :rodada;
end
else

```

```

begin
update Produto set
Estoque = null
where nome = :nome;
end
end ^

```

```
ALTER PROCEDURE "ATUALIZARGANHOPSA"
```

```
("NOME" INTEGER)
```

```
AS
```

```

declare variable LeadTime numeric(9,2); declare variable
maxLeadTime numeric(9,2); declare variable CustopSA numeric(9,2);
declare variable Juros numeric(9,2); declare variable Rodada
integer;

```

```
begin
```

```
select max (estoque) from produto where (estoque is not null) into
:Rodada;
```

```
select juros from parametros into :juros;
```

```
juros = (juros/100);
```

```
select LeadTime, CustoTotal*EM*:Juros from ViewProdutoTotal where
Nome = :Nome into :LeadTime, :CustoPSA;
```

```
select * from LerMaiorLeadTime(:Nome) into :maxLeadTime;
```

```
maxLeadTime = maxLeadTime - LeadTime;
```

```
insert into Calc (NomePSA, DiferencaLeadTime, CustopSA, Rodada)
```

```
values (:Nome, :maxLeadTime, :CustoPSA, :Rodada);
```

```
if (maxLeadTime>0) then
```

```
begin
```

```
Execute procedure AtualizarGanho(:Nome, :maxLeadTime, :CustoPSA);
```

```
end
```

```
end ^
```

```
ALTER PROCEDURE "BUSCA"
```

```
AS
```

```

declare variable Nome integer; declare variable NomeTabu integer; declare
variable Nome2 integer; declare variable NomeTeste integer; declare
variable NomeX integer; declare variable Estoque integer; declare variable
Est integer; declare variable Ganho numeric (9,2); declare variable GanhoX
numeric (9,2); declare variable MaxIteracao numeric(9,2); declare variable
MaxTamLista numeric (9,2); declare variable IT numeric (9,2); declare

```

```
variable Iteracao numeric (9,2); declare variable I numeric (9,2); declare
variable Tabu numeric (9,2); declare variable TabuI numeric (9,2); declare
variable Lista numeric (9,2);
begin
  MaxIteracao=50; MaxTamLista=7; IT=1;
  delete from buscatabu;
  execute procedure Popula_BuscaTabu;
  while (IT<=MaxIteracao) do
  begin
    Lista = MaxTamLista + IT;
    for select Nome, Estoque from BuscaTabu
    where Iterac=0 and resultado is null into :Nome, :Estoque do
    begin
      Execute Procedure Copia_BuscaTabu;
      if (:Estoque=0 )then
      begin
        Est=2;
        select max(iterac) from buscatabu into :Iteracao;
        update BuscaTabu set Estoque = :Est
        where Nome = :Nome and Iterac=:Iteracao;
        Execute Procedure testa_areacusto_busca;
        Execute Procedure Teste_Busca;
        update BuscaTabu set Tabu = :Lista, Estoque=0
        where Nome = :Nome and Iterac=:Iteracao;
      end
    else
    begin
      Est=0;
      select max(iterac) from buscatabu into :Iteracao;
      update BuscaTabu set Estoque = :Est
      where Nome = :Nome and Iterac=:Iteracao;
      Execute Procedure testa_areacusto_busca;
      Execute Procedure Teste_Busca;
      update BuscaTabu set Tabu = :Lista, Estoque=1
      where Nome = :Nome and Iterac=:Iteracao;
    end
  end
  I=1;
  select max(iterac) from buscatabu into :Iteracao;
```

```
while (I<=Iteracao)do
begin
    for select Sum(Resultado) from BuscaTabu where Iterac=:I into
    :Ganho do
begin
    select nome from buscatabu where Iterac=:I and tabu is not
    null into :Nome2;
    insert into BuscaTabu (Nome, Resultado, Ganho, Mov) values
    (:Nome2, :I, :Ganho, :IT);
end
I=I+1;
end
select max(ganho) from buscatabu where mov=:IT into :Ganho;
    select Resultado from buscatabu where ganho=:Ganho and Mov=:IT
    into :Iteracao;
select nome from buscatabu where Tabu=:Lista and iterac=:Iteracao into :Nome;
update BuscaTabu set Tabu = :Lista
where mov=:IT and Nome = :Nome;
    select estoque from buscatabu where Nome=:Nome and iterac=0 into
    :Estoque;
if (estoque=0) then
begin
update BuscaTabu set Estoque = 1
where Nome = :Nome and Iterac=0;
end
else
begin
update BuscaTabu set Estoque = 0
where Nome = :Nome and Iterac=0;
end
update BuscaTabu set Resultado = :Lista
where Nome = :Nome and Iterac=0;
for select nome from buscatabu where iterac=0 into :NomeTeste do
begin
update BuscaTabu set Mov = :IT
where Nome = :NomeTeste and Iterac=0;
end
delete from buscatabu where iterac>0;
IT=:IT+1;
```

```

for select nome,resultado from buscatabu
where iterac = 0 and resultado is not null into :nometabu, :tabu do
begin
if (tabu<IT)then
begin
update BuscaTabu set Resultado = null
where Nome = :NomeTabu and Iterac=0;
end
end
end
end ^

```

```
ALTER PROCEDURE "COMPARATIVO"
```

```
AS
```

```

declare variable parametroAreaTotal numeric(9,2); declare variable
parametroCustoTotal numeric(9,2); declare variable acumuladorCusto
numeric(9,2); declare variable acumuladorArea numeric(9,2); declare
variable Juros numeric(9,2); declare variable EM numeric(9,2); declare
variable num integer; declare variable nome integer; declare variable teste
integer; declare variable custo numeric(9,2); declare variable area
numeric(9,2); declare variable Ganho numeric(9,2); declare variable OK
integer;
begin
update produto set Estoque = null;
teste=55;
execute procedure G_Inicial;
    select Max(Num) from ParametrosEstatistica where Comparativo='T' into
    :Num;
select AreaTotal, CustoTotal, Juros from ParametrosEstatistica
where
Num = :Num
into
:ParametroAreaTotal, :ParametroCustoTotal, :Juros;
acumuladorCusto = 0;
acumuladorArea = 0;
Juros = (Juros/100);
ok = 1;
for select nome, ganho from produto where tipo = 'A' into :nome, :ganho do
begin

```

```

        insert into Result (Nome, Resultado, Rodada) values (:Nome, :Ganho,
:Num);
end
insert into Result (GanhoFinal, Rodada) values (1, :Num);
for select Nome from PSA_Escolhido where num = :Num into :Nome do
begin
select CustoTotal from LerCustoTotal where Nome = :Nome into :Custo;
        select :Custo*Demanda*DesvioPadrao*Juros from Produto where Nome =
        :Nome into :Custo;
select :Custo*DesvioPadrao from Parametros into :Custo;
select AreaItem from Produto where Nome = :Nome into :Area;
select EM from viewprodutototal where nome=:Nome into :EM;
Area= Area*EM;
ok = 0;
if (AcumuladorCusto + Custo <= ParametroCustoTotal) then
begin
if (AcumuladorArea + Area <= ParametroAreaTotal) then
begin
AcumuladorCusto = AcumuladorCusto + Custo;
AcumuladorArea = AcumuladorArea + Area;
update Produto set
Estoque = :Num
where
Nome = :Nome;
Execute Procedure AtualizarGanhoPsa (:Nome);
ok = 1;
end
end
if (ok = 0) then
insert into worktable (Nome) values (:Nome);
end
insert into Estatistica (Nome, NumEstoque, Ganho)
select Nome, :Num, Ganho from Produto
where
Tipo = 'A';
delete from psa_escolhido where nome in (select nome from worktable);
delete from worktable;
end ^

```

```
ALTER PROCEDURE "COPIARPARAMETROS"
```

```
AS
```

```
  declare variable Num int;
begin
  select max(num) from parametrosestatistica into :Num;
  insert into parametrosestatistica(num, areatotal, custototal, comparativo,
Margem, DP, Juros, QTDE_PSA)
  select :Num+1, AreaTotal, CustoTotal, 'T', Margem, DP, Juros, QTDE_PSA
from
  ParametrosEstatistica      where      Num=(select      max(num)      from
parametrosestatistica where Comparativo='F');
end ^
```

```
ALTER PROCEDURE "COPIA_BUSCATABU"
```

```
AS
```

```
  declare variable Nome integer; declare variable Estoque integer; declare
variable Iteracao numeric (9,2); declare variable Tabu numeric(9,2);
begin
  select max(iterac) from BuscaTabu into :Iteracao;
  for select Nome, Estoque, Tabu from BuscaTabu where iterac=0 into :Nome,
:Estoque, :Tabu do
  begin
  insert into BuscaTabu (Nome, Estoque, Tabu, Iterac)
values (:Nome, :Estoque, :Tabu, :Iteracao+1);
  end
end ^
```

```
ALTER PROCEDURE "CORRIGIRAREAITEM"
```

```
AS
```

```
  declare variable Nome int;
begin
  for select Nome from produto where tipo = 'A' into :Nome do
  execute procedure ValidarAreaItem(:Nome);
end ^
```

```
ALTER PROCEDURE "ESCOLHERPSA"
```

```
("AUTONUMERACAO" INTEGER)
```

```
AS
```

```

declare variable Num int; declare variable Nome int;
begin
  select Max(Num) from ParametrosEstatistica into :Num;
  select Nome from TrazerNomePsa(:Autonumeracao) into :Nome;
  insert into PSA_Escolhido(Num, Nome)
  values (:Num, :Nome);
end ^

```

```

ALTER PROCEDURE "GANHO_BUSCA"
("NOME" INTEGER, "DIFERENCALEADTIME" NUMERIC(9,2), "CUSTOPSA" NUMERIC(9,2))
AS
  declare variable NomePA integer; declare variable NomeTemp integer;
  declare variable Rodada integer; declare variable GanhoI numeric (9,2);
  declare variable GanhoX numeric (9,2); declare variable GanhoX2 numeric
  (9,2); declare variable GanhoG numeric (9,2); declare variable lcount
  numeric (9,2); declare variable Iteracao numeric (9,2);
begin
  GanhoX=0; GanhoX2=0; GanhoG=0; lcount=0;
  select Max(Rodada) from Result into :Rodada;
  for select Nome from TrazerArvoreAcima(:Nome) into :NomeTemp do
  begin
    for select Nome from Produto where Nome=:NomeTemp and Tipo = 'A' into
    :NomePA do
    begin
      select resultado from result where nome=:NomePA and rodada=:Rodada
      into :GanhoI;
      GanhoX = (:GanhoI * :DiferencaLeadTime);
      GanhoX2 = GanhoX2+GanhoX;
      lcount=lcount+1;
    end
  end
  GanhoG = GanhoX2 - :CustoPSA;
  select max(Iterac) from BuscaTabu into :Iteracao;
  update BuscaTabu set
  Resultado = :GanhoG
  where Nome = :Nome and Iterac = :Iteracao;
end ^

```

```

ALTER PROCEDURE "G_INICIAL"

```

```

AS
declare variable Ganho numeric (9,2); declare variable margem numeric(9,2);
declare variable dm numeric(9,2); declare variable nome int; declare
variable nomeMP int;
begin
  select margem/100 from parametros into :margem;
  for select nome from produto where tipo = 'A' into :nome do
  begin
    select custototal*demanda*:margem from viewprodutototal where nome=:nome
into :Ganho;
    update produto set
    Ganho = :Ganho
    where nome=:nome;
  end
end ^

```

```

ALTER PROCEDURE "HEURISTICA"

```

```

AS

```

```

  declare variable Qtde int; declare variable NumEstoque int; declare
variable nome int; declare variable soma numeric(9,2); declare variable
AcumuladorCusto numeric(9,2); declare variable AcumuladorArea numeric(9,2);
declare variable ParametroCustoTotal numeric(9,2); declare variable
ParametroAreaTotal numeric(9,2); declare variable Custo numeric(9, 2);
declare variable Area numeric(9,2); declare variable juros numeric(9,2);
declare variable Ganho numeric(9,2); declare variable EM numeric(9,2);
begin
  execute procedure G_Inicial;
  select Max(Estoque) from Produto into :NumEstoque;
  if (NumEstoque is null) then
    NumEstoque = 1;
  else
    NumEstoque = NumEstoque + 1;
  for select nome, ganho from produto where tipo = 'A' into :nome, :ganho do
  begin
    insert into Result (Nome, Resultado, Rodada) values (:Nome, :Ganho,
:NumEstoque);
  end
  insert into Result (GanhoFinal, Rodada) values (1, :NumEstoque);
  update produto set

```

```

Estoque = null;
select  CustoTotal,  AreaTotal,  Juros  from  Parametros  into
:ParametroCustoTotal, :ParametroAreaTotal, :Juros;
AcumuladorCusto = 0;
AcumuladorArea = 0;
Juros = (Juros/100);
for select nome, soma from orderby_areacusto into :nome, :soma do
begin
select CustoTotal from LerCustoTotal where Nome = :Nome into :Custo;
select :Custo*Demanda*DesvioPadrao*:Juros from Produto where Nome = :Nome
into :Custo;
select :Custo*DesvioPadrao from Parametros into :Custo;
select AreaItem from Produto where Nome = :Nome into :Area;
select EM from viewprodutototal where nome=:Nome into :EM;
Area= Area*EM;
if (AcumuladorCusto + Custo <= ParametroCustoTotal) then
begin
if (AcumuladorArea + Area <= ParametroAreaTotal) then
begin
AcumuladorCusto = AcumuladorCusto + Custo;
AcumuladorArea = AcumuladorArea + Area;
update Produto set
Estoque = :NumEstoque
where
Nome = :Nome;
Execute Procedure AtualizarGanhoPsa(:Nome);
end
end
else
if (AcumuladorArea + Area > ParametroAreaTotal) then
begin
insert into ParametrosEstatistica (Num, AreaTotal, CustoTotal, Margem, DP,
Juros, qtde_psa)
select :NumEstoque, AreaTotal, CustoTotal, Margem, DesvioPadrao, Juros,
:Qtde from Parametros;
insert into Estatistica (Nome, NumEstoque, Ganho)
select Nome, :NumEstoque, Ganho from Produto
where
Tipo = 'A';

```

```

exit;
end
end
select count(*) from Produto where Estoque=:NumEstoque into :Qtde;
insert into ParametrosEstatistica (Num, AreaTotal, CustoTotal, Margem, DP,
Juros, qtde_psa)
select :NumEstoque, AreaTotal, CustoTotal, Margem, DesvioPadrao, Juros,
:Qtde from Parametros;
insert into Estatistica (Nome, NumEstoque, Ganho)
select Nome, :NumEstoque, Ganho from Produto
where
Tipo = 'A';
insert into psa_escolhido (Num, Nome)
select Estoque, Nome from
Produto
where
Estoque = :NumEstoque;
end ^

```

```
ALTER PROCEDURE "LERAREACUSTOS"
```

```
RETURNS
```

```
( "NOME" INTEGER, "AREARAMO" NUMERIC(9, 2), "CUSTORAMO" NUMERIC(9, 2),
" SOMARAMO" NUMERIC(9, 2))
```

```
AS
```

```
begin
```

```
for select Nome, AreaRamo from LerAreas into :Nome, :AreaRamo do
begin
```

```
select CustoRamo from LerCustos where Nome = :Nome into :CustoRamo;
SomaRamo = CustoRamo + AreaRamo;
```

```
suspend;
```

```
end
```

```
end ^
```

```
ALTER PROCEDURE "LERAREAS"
```

```
RETURNS
```

```
("NOME" INTEGER, "AREARAMO" NUMERIC(9, 2))
```

```
AS
```

```
begin
```

```
for select Nome from Produto where tipo = 'S' into :Nome do
```

```
begin
  for select AreaItem from LerMaiorAreaItem(:Nome) into :AreaRamo do
  begin
  /* for select Nome, (select AreaItem from LerMaiorAreaItem(Produto.Nome))
  from Produto
  where tipo = 'S'
  into :Nome, :AreaRamo do*/
  Suspend;
  end
  end
  end ^
```

```
ALTER PROCEDURE "LERCUSTOS"
```

```
RETURNS
```

```
("NOME" INTEGER,"CUSTORAMO" NUMERIC(9, 2))
```

```
AS
```

```
begin
```

```
  for select Nome from Produto where tipo = 'S' into :Nome do
```

```
  begin
```

```
    for select Custo from LerMaiorCusto(:Nome) into :CustoRamo do
```

```
    begin
```

```
  /* for select Nome, (select Custo from LerMaiorCusto(Produto.Nome)) from
  Produto
```

```
  where tipo = 'S'
```

```
  into :Nome, :CustoRamo do
```

```
  */
```

```
  Suspend;
```

```
  end
```

```
  end
```

```
end ^
```

```
ALTER PROCEDURE "LERCUSTOTOTAL"
```

```
RETURNS
```

```
("NOME" INTEGER,"CUSTOTOTAL" NUMERIC(9, 2))
```

```
AS
```

```
begin
```

```
  for select nome from Produto into :Nome do
```

```
  begin
```

```
    select sum(Custo) from TrazerArvoreProduto(:Nome) into :CustoTotal;
```

```
suspend;  
end  
end ^
```

```
ALTER PROCEDURE "LERMAIORAREAITEM"  
("NOMEIN" INTEGER)  
RETURNS  
( "AREAITEM" NUMERIC(9, 2))  
AS  
declare variable maxAreaItem numeric(9,2);  
declare variable Nome int;  
begin  
  maxAreaItem = 0;  
  for select NomeFilho from TabRel where NomePai = :NomeIn into :Nome do  
  begin  
    select * from LerMaiorAreaItem(:Nome) into :AreaItem;  
    if (AreaItem > maxAreaItem) then  
      maxAreaItem = AreaItem;  
    end  
    select AreaItem from Produto where Nome = :NomeIn into :AreaItem;  
    AreaItem = AreaItem + maxAreaItem;  
  suspend;  
end ^
```

```
ALTER PROCEDURE "LERMAIORCUSTO"  
("NOMEIN" INTEGER)  
RETURNS  
("CUSTO" NUMERIC(9, 2))  
AS  
declare variable maxCusto numeric(9,2); declare variable Nome int;  
begin  
  maxCusto = 0;  
  for select NomeFilho from TabRel where NomePai = :NomeIn into :Nome do  
  begin  
    select * from LerMaiorCusto(:Nome) into :Custo;  
    if (Custo > maxCusto) then  
      maxCusto = Custo;  
    end  
  select Custo from Produto where Nome = :NomeIn into :Custo;
```

```

from Produto, Viewprodutototal
where (tipo = 'S') and produto.nome=viewprodutototal.nome
into :Nome, :AreaItem, :EM do */
begin
select GIP from LerMediaGIP(:Nome) into :GIP;
OK = 1;
for select Nome from TrazerArvore(:Nome) into :NomeTemp do
for select Estoque from Produto where Nome = :NomeTemp and (Estoque is not
null) into :Estoque do
OK = 0;
if (OK = 1) then
begin
for select Nome from TrazerArvoreAcima(:Nome) into :NomeTemp do
for select Estoque from Produto where Nome = :NomeTemp and (Estoque is not
null) into :Estoque do
OK = 0;
if (OK = 1) then
begin
Media = (GIP) / (AreaItem*EM);
suspend;
end
end
end
end
end ^

```

```
ALTER PROCEDURE "LERMEDIAREACUSTO"
```

```
RETURNS
```

```
("NOME" INTEGER, "AREA" NUMERIC(9, 2), "CUSTO" NUMERIC(9, 2), "SOMA"
NUMERIC(9, 2))
```

```
AS
```

```
begin
```

```
for select Nome, Media from LerMediaArea into :Nome, :Area do
```

```
begin
```

```
select MediaCusto from LerMediaCusto where Nome = :Nome into :Custo;
```

```
Soma = Custo + Area;
```

```
suspend;
```

```
end
```

```
end ^
```

```
ALTER PROCEDURE "LERMEDIACUSTO"  
RETURNS  
("NOME" INTEGER, "MEDIACUSTO" NUMERIC(9, 2))  
AS  
    declare variable juros numeric(9,2);  
begin  
    select Juros from Parametros into :Juros;  
    Juros = (Juros/100);  
    for select Nome, CustoTotal*EM*:Juros  
    from ViewProdutoTotal  
    where Tipo = 'S' into :Nome, :MediaCusto do  
    begin  
        select GIP/:MediaCusto from LerMediaGIP(:Nome) into :MediaCusto;  
        suspend;  
    end  
end ^
```

```
ALTER PROCEDURE "LERMEDIAGIP"  
("NOME" INTEGER)  
RETURNS  
("GIP" NUMERIC(9, 2))  
AS  
    declare variable ganho numeric(9,2); declare variable contador  
numeric(9,2);  
begin  
    GIP = 0;  
    Contador = 0;  
    for select Nome from TrazerArvoreAcima(:Nome) into :Nome do  
    begin  
        for select Ganho from Produto where Nome=:Nome and Tipo = 'A' into :Ganho  
do  
        begin  
            select :GIP+:Ganho from Produto where Nome=:Nome into :GIP;  
            Contador = Contador + 1;  
        end  
    end  
    if (contador > 0) then  
        select :GIP/:Contador from Produto where Nome=:Nome into :GIP;
```

```
suspend;
end ^
```

```
ALTER PROCEDURE "LERSOMATORIAS"
```

```
RETURNS
```

```
("NOME" INTEGER,"QTDENOS" INTEGER,"LEADTIME" NUMERIC(9, 2),"DEMANDA"
NUMERIC(9, 2),"CUSTO" NUMERIC(9, 2), "AREAITEM" NUMERIC(9, 2),
"CUSTOESTOQUE" NUMERIC(9, 2))
```

```
AS
```

```
begin
```

```
for select Nome, AreaItem, Demanda from Produto where Tipo = 'A' into
:Nome, :AreaItem, :Demanda do
```

```
begin
```

```
select count(*), sum(LeadTime), sum(Custo), avg(custoestoque)
```

```
from TrazerArvoreProduto(:Nome)
```

```
into :QtdeNos, :LeadTime, :Custo, :CustoEstoque;
```

```
suspend;
```

```
end
```

```
end ^
```

```
ALTER PROCEDURE "LISTARCOMPARATIVOS"
```

```
RETURNS
```

```
("NUM" INTEGER,"AREATOTAL" NUMERIC(9, 2),"CUSTOTOTAL" NUMERIC(9, 2))
```

```
AS
```

```
declare variable NumHeuristica int;
```

```
begin
```

```
select Max(Num) from ParametrosEstatistica where Comparativo='F' into
:NumHeuristica;
```

```
select AreaTotal, CustoTotal from parametrosestatistica where
num=:NumHeuristica
```

```
into :AreaTotal, :CustoTotal;
```

```
suspend;
```

```
for select Num, AreaTotal, CustoTotal from parametrosestatistica
```

```
where Comparativo='T' and Num>:NumHeuristica into :Num, :AreaTotal,
:CustoTotal do
```

```
/* for select Num, AreaTotal-(50000*(Num-1)), CustoTotal-(50000*(Num-1))
from parametrosestatistica
```

```
where Comparativo='T' and Num>:NumHeuristica into :Num, :AreaTotal,
:CustoTotal do
```

```
*/
```

```
Suspend;
```

```
end ^
```

```
ALTER PROCEDURE "ORDERBY_AREACUSTO"
```

```
RETURNS
```

```
("NOME" INTEGER, "AREA" NUMERIC(9, 2), "CUSTO" NUMERIC(9, 2), "SOMA"  
NUMERIC(9, 2))
```

```
AS
```

```
begin
```

```
for select
```

```
Nome, Area, Custo, Soma
```

```
from
```

```
LerMediaAreaCusto
```

```
order by
```

```
Soma
```

```
into :Nome, :Area, :Custo, :Soma do
```

```
suspend;
```

```
end ^
```

```
ALTER PROCEDURE "POPULA_BUSCATABU"
```

```
AS
```

```
declare variable Nome integer; declare variable Estoque integer;
```

```
declare variable Est integer; declare variable Iteracao numeric (9,2);
```

```
begin
```

```
Iteracao=0;
```

```
for select Nome, Estoque from Produto where tipo ='S' into :Nome, :Estoque  
do
```

```
begin
```

```
if (Estoque is null)then
```

```
begin
```

```
Est=0;
```

```
insert into BuscaTabu (Nome, Estoque, Iterac) values (:Nome, :Est,  
:Iteracao);
```

```
end
```

```
else
```

```
begin
```

```
Est=1;
```

```
insert into BuscaTabu (Nome, Estoque, Iterac) values (:Nome, :Est,  
:Iteracao);
```

```

end
end
end ^

```

```

ALTER PROCEDURE "REMOVERPERDIDOS"
AS
  declare variable lCount int; declare variable Nome int;
begin
  lCount = 1;
  while (lCount > 0) do
  begin
    for select Nome from Produto where (Nome not in (select NomeFilho from
TabRel)) and (Tipo <> 'A') into :Nome do
    begin
      delete from TabRel where NomePai = :Nome;
      delete from Produto where Nome = :Nome;
    end
    select count(*) from produto
    where (Nome not in (select NomeFilho from TabRel)) and (Tipo <> 'A')
    into :lCount;
  end
end ^

```

```

ALTER PROCEDURE "TESTA_AREACUSTO_BUSCA"
AS
  declare variable Qtde int; declare variable nome int; declare variable
Estoque int; declare variable AcumuladorCusto numeric(9,2); declare
variable AcumuladorArea numeric(9,2); declare variable ParametroCustoTotal
numeric(9,2); declare variable ParametroAreaTotal numeric(9,2); declare
variable Custo numeric(9, 2); declare variable Area numeric(9,2); declare
variable juros numeric(9,2); declare variable tabu numeric(9,2); declare
variable Resultado numeric(9,2); declare variable IT numeric(9,2); declare
variable EM numeric(9,2);
begin
  select    CustoTotal,    AreaTotal,    Juros    from    Parametros    into
:ParametroCustoTotal, :ParametroAreaTotal, :Juros;
  AcumuladorCusto = 0;
  AcumuladorArea = 0;

```

```

Juros = (Juros/100);
select max(iterac) from buscatabu into :IT;
for select nome from buscatabu where estoque>0 and iterac=:IT order by
nome into :nome do
begin
select CustoTotal from LerCustoTotal where Nome = :Nome into :Custo;
select :Custo*Demanda*DesvioPadrao*:Juros from Produto where Nome = :Nome
into :Custo;
select :Custo*DesvioPadrao from Parametros into :Custo;
select AreaItem from Produto where Nome = :Nome into :Area;
select EM from viewprodutototal where nome=:Nome into :EM;
Area= Area*EM;
if (AcumuladorCusto + Custo <= ParametroCustoTotal) then
begin
if (AcumuladorArea + Area <= ParametroAreaTotal) then
begin
AcumuladorCusto = AcumuladorCusto + Custo;
AcumuladorArea = AcumuladorArea + Area;
update BuscaTabu set Ganho = 111
where Nome = :Nome and Iterac=:IT;
end
/*else
begin
update BuscaTabu set Estoque = 0, resultado=null, Ganho = 222
where Nome = :Nome and Iterac=:IT;
end*/
end
else
/* if (AcumuladorArea + Area > ParametroAreaTotal) then*/
begin
update BuscaTabu set Estoque = 0, resultado=null, Ganho = 333
where Nome = :Nome and Iterac=:IT;
end
end
end ^

```

```
ALTER PROCEDURE "TESTE_BUSCA"
```

```
AS
```

```

declare variable LeadTime numeric(9,2); declare variable maxLeadTime
numeric(9,2); declare variable CustoPSA numeric(9,2); declare variable
Juros numeric(9,2); declare variable Iteracao integer; declare variable
Nome integer;
begin
select max(iterac) from BuscaTabu into :Iteracao;
select juros from parametros into :juros;
juros = (juros/100);
for select Nome from BuscaTabu where Estoque>0 and Iterac=:Iteracao into
:Nome do
begin
select LeadTime, CustoTotal*EM*:Juros from ViewProdutoTotal
where Nome = :Nome into :LeadTime, :CustoPSA;
select * from LerMaiorLeadTime(:Nome) into :maxLeadTime;
maxLeadTime = maxLeadTime - LeadTime;
if (maxLeadTime>0) then
begin
Execute procedure Ganho_Busca(:Nome, :maxLeadTime, :CustoPSA);
end
end
end ^

```

```
ALTER PROCEDURE "TRAZERARVORE"
```

```
("NOMEORIGINAL" INTEGER)
```

```
RETURNS
```

```
("NOME" INTEGER)
```

```
AS
```

```
begin
```

```
select Nome from Produto where Nome = :NomeOriginal into :Nome;
```

```
Suspend;
```

```
for select distinct * from TrazerFilhos(:NomeOriginal) into :Nome do
```

```
Suspend;
```

```
end ^
```

```
ALTER PROCEDURE "TRAZERARVOREACIMA"
```

```
("NOMEORIGINAL" INTEGER)
```

```
RETURNS
```

```
("NOME" INTEGER)
```

```
AS
```

```

begin
  select Nome from Produto where Nome = :NomeOriginal into :Nome;
  Suspend;
  for select distinct * from TrazerPais(:NomeOriginal) into :Nome do
  Suspend;
end ^

ALTER PROCEDURE "TRAZERARVOREPRODUTO"
("NOMEORIGINAL" INTEGER)
RETURNS
( "NOME" INTEGER,"LEADTIME" NUMERIC(9, 2),"DEMANDA" NUMERIC(9, 2),
"DESVIOPADRAO" NUMERIC(9, 2),"CUSTO" NUMERIC(9, 2), "UN" INTEGER,
"CUSTOESTOQUE" NUMERIC(9, 2), "AREAITEM" NUMERIC(9, 2), "TIPO" CHAR(1))
AS
begin
  for select Nome from TrazerArvore(:NomeOriginal) into :Nome do
  for select Nome, LeadTime, Demanda, DesvioPadrao, Custo, UN, CustoEstoque,
AreaItem, Tipo
  from Produto where Nome = :Nome
  into :Nome, :LeadTime, :Demanda, :DesvioPadrao, :Custo, :UN,
:CustoEstoque, :AreaItem, :Tipo do
  suspend;
end ^

ALTER PROCEDURE "TRAZERARVOREPRODUTOACIMA"
("NOMEORIGINAL" INTEGER)
RETURNS
("NOME" INTEGER,"LEADTIME" NUMERIC(9, 2),"DEMANDA" NUMERIC(9, 2),
"DESVIOPADRAO" NUMERIC(9, 2), "CUSTO" NUMERIC(9, 2),"UN" INTEGER,
"CUSTOESTOQUE" NUMERIC(9, 2), "AREAITEM" NUMERIC(9, 2),"TIPO" CHAR(1))
AS
begin
  for select Nome from TrazerArvoreAcima(:NomeOriginal) into :Nome do
  for select Nome, LeadTime, Demanda, DesvioPadrao, Custo, UN, CustoEstoque,
AreaItem, Tipo
  from Produto where Nome = :Nome
  into :Nome, :LeadTime, :Demanda, :DesvioPadrao, :Custo, :UN,
:CustoEstoque, :AreaItem, :Tipo do
  suspend;

```

end ^

ALTER PROCEDURE "TRAZERFILHOS"

("NOMEPAI" INTEGER)

RETURNS

("NOMEFILHO" INTEGER)

AS

BEGIN

for select NomeFilho from TabRel where NomePai = :NomePai into :NomeFilho
do

begin

suspend;

for select NomeFilho from trazerfilhos(:NomeFilho) into :NomeFilho do

suspend;

end

end ^

ALTER PROCEDURE "TRAZERNOMEPSA"

("AUTONUMERACAO" INTEGER)

RETURNS

("NOME" INTEGER)

AS

begin

select

Nome

from produto b

where tipo='S' and

(select count(*) from produto a where a.Nome<b.Nome and
tipo='S')=:AutoNumeracao

into :Nome;

suspend;

end ^

ALTER PROCEDURE "TRAZERPAIS"

("NOMEFILHO" INTEGER)

RETURNS

("NOMEPAI" INTEGER)

AS

BEGIN

```

for select NomePai from TabRel where NomeFilho = :NomeFilho into :NomePai
do
begin
suspend;
for select NomePai from TrazerPais(:NomePai) into :NomePai do
suspend;
end
end ^

```

```

ALTER PROCEDURE "VALIDARAREAITEM"
("NOMEPAI" INTEGER)
AS
declare variable AreaItemPai numeric(9,2); declare variable AreaItem
numeric(9,2); declare variable Nome int;
begin
select AreaItem from Produto where Nome = :NomePai into :AreaItemPai;
for select Nome, AreaItem from TrazerArvoreProduto(:NomePai) into :Nome,
:AreaItem do
begin
if (AreaItem > AreaItemPai) then
update Produto set
AreaItem = :AreaItemPai / 2
where
Nome = :Nome;
execute procedure ValidarAreaItem(:Nome);
end
end ^

```

```

ALTER PROCEDURE "VALIDARFILHOSRECURSIVO"
( "NOMEPAI" INTEGER, "NIVEL" INTEGER)
AS
declare variable NomeFilho int;
declare variable MaxNivel int;
begin
select Nivel from Parametros into :MaxNivel;
if (Nivel > MaxNivel) then
Exception Excesso_Filhos;
Nivel = Nivel + 1;
for select NomeFilho

```

```

from TabRel inner join Produto on Nome = NomeFilho
where NomePai = :NomePai and Tipo = 'S'
into :NomeFilho do
execute Procedure ValidarFilhosRecurso(:NomeFilho, :Nivel);
end ^

```

```

ALTER PROCEDURE "VALIDARPAISRECURSIVO"
("NOMEFILHO" INTEGER)
AS
declare variable Tipo char; declare variable NomePai int;
begin
select Tipo from Produto where Nome = :NomeFilho into :Tipo;
if (Tipo = 'A') then
execute Procedure ValidarFilhosRecurso(:NomeFilho, 0);
else
begin
NomePai = NULL;
for select NomePai from TabRel where NomeFilho = :NomeFilho into :NomePai
do
execute Procedure ValidarPaisRecurso(:NomePai);
if (NomePai is NULL) then
execute Procedure ValidarFilhosRecurso(:NomeFilho, 1);
end
end ^

```

```

ALTER PROCEDURE "VALIDATEPRODUTO"
( "NOME" INTEGER)
AS
begin
update Produto set LeadTime = 0
where
Nome = :Nome and Tipo = 'M' and LeadTime != 0;
end ^

```

```

ALTER PROCEDURE "VALIDATEREL"
( "NOMEPAI" INTEGER, "NOMEFILHO" INTEGER)
AS
declare variable x int; declare variable TipoFilho char; declare variable
TipoPai char; declare variable lCount int; declare variable MaxFilhos int;

```

```

begin
  if (NomePai = NomeFilho) then
    Exception Valores_Iguais_Invalidos;
  select Tipo from Produto where Nome = :NomeFilho into :TipoFilho;
  if (TipoFilho = 'A') then
    Exception Hierarquia_Incorreta;
  select Tipo from Produto where Nome = :NomePai into :TipoPai;
  if (TipoPai = 'M') then
    Exception Hierarquia_Incorreta;
  /* select Tipo from Produto where Nome = :NomeFilho into :TipoFilho;
  if (TipoFilho = 'S') then Para não deixar PSA sem filhos serem escolhidos
  for select * from trazerfilhos(:NomeFilho) where NomeFilho is null into :x
  do
    Exception Hierarquia_Incorreta;*/
  for select * from trazerfilhos(:NomeFilho) where NomeFilho = :NomePai into
  :x do
    exception Referencia_Circular;
  select Count(*) from TabRel
  inner join
  Produto
  on
  TabRel.NomeFilho = Produto.Nome
  where NomePai = :NomePai and Tipo = :TipoFilho
  into :lCount;
  if (TipoFilho = 'S') then
  select PSA from Parametros into :MaxFilhos;
  else
  select MP from Parametros into :MaxFilhos;
  if (lCount > MaxFilhos) then
  Exception Excesso_Filhos;
  execute procedure ValidarPaisRecursivo(:NomePai);
end ^

```

```
SET TERM ; ^
```

```
COMMIT WORK;
```

```
SET AUTODDL ON;
```

```
SET TERM ^ ;
```

```
CREATE TRIGGER "PRODUTO_TIPO_UPD" FOR "PRODUTO"
```

```
ACTIVE BEFORE UPDATE POSITION 0
as
begin
  New.Tipo = Old.Tipo;
end ^

CREATE TRIGGER "TABREL_INS" FOR "TABREL"
ACTIVE AFTER INSERT POSITION 0
as
begin
  execute procedure validaterel(new.nomepai, new.nomefilho);
end ^

CREATE TRIGGER "TABREL_UPD" FOR "TABREL"
ACTIVE AFTER UPDATE POSITION 0
as
begin
  execute procedure validaterel(new.nomepai, new.nomefilho);
end ^

COMMIT WORK ^
SET TERM ;^
```