

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

MAURÍCIO ROBERTO MACIEL

DESENVOLVIMENTO DE UM *SOFTWARE* DE APOIO AO ENSINO DE MÉTODOS  
DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO EM AMBIENTES MTS  
BASEADO NA TEORIA DAS RESTRIÇÕES

Bauru

2012

MAURÍCIO ROBERTO MACIEL

DESENVOLVIMENTO DE UM *SOFTWARE* DE APOIO AO ENSINO DE MÉTODOS  
DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO EM AMBIENTES MTS  
BASEADO NA TEORIA DAS RESTRIÇÕES

Dissertação de mestrado apresentada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, área de concentração em Gestão de Operações e Sistemas.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Bernardi de Souza.

Bauru  
2012

Maciel, Maurício Roberto.

Desenvolvimento de um software de apoio ao ensino de métodos de planejamento e controle da produção em ambientes MTS baseado na teoria das restrições / Maurício Roberto Maciel, 2012

130 f.

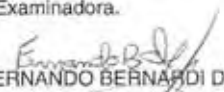
Orientador: Fernando Bernardi de Souza

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2012

1. Ensino. 2. Jogo. 3. Software. 4. Planejamento e controle de produção. 5. Teoria das restrições. 6. Fazer para disponibilidade. 8. Produção para estoque. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia. II. Título.

**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE Mestrado DE MAURICIO ROBERTO MACIEL, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, DO(A) FACULDADE DE ENGENHARIA DE BAURU.**

Aos 16 dias do mês de agosto do ano de 2012, às 10:00 horas, no(a) ANFITEATRO DO STI DA FACULDADE DE ENGENHARIA, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. FERNANDO BERNARDI DE SOUZA do(a) Departamento de Engenharia de Produção / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, Prof. Dr. KLEBER FRANCISCO ESPOSTO do(a) Departamento de Engenharia de Produção / Escola de Engenharia de São Carlos - USP, Prof. Dr. RENATO DE CAMPOS do(a) Departamento de Engenharia de Produção / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE Mestrado de MAURICIO ROBERTO MACIEL, intitulado "DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE DE APOIO AO ENSINO DE MÉTODOS DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO EM AMBIENTES MTS BASEADOS NA TEORIA DAS RESTRIÇÕES". Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.



Prof. Dr. FERNANDO BERNARDI DE SOUZA



Prof. Dr. KLEBER FRANCISCO ESPOSTO



Prof. Dr. RENATO DE CAMPOS

## **DEDICATÓRIA**

À minha mãe Dona Aurica, que na sua simplicidade sempre me apoiou e me deu forças para continuar crescendo em minha vida profissional que mesmo sem a sua presença física, continua me inspirando e confirmando que seus ensinamentos foram, e continuarão sendo, muito importantes.

À grande mulher da minha vida, minha esposa Célia, que me ensinou o verdadeiro significado da palavra **AMAR**.

Aos meus filhos, Maurício e Kenia, luzes da minha vida que com seu amor tiveram paciência para suportar a minha ausência.

## AGRADECIMENTOS

Toda lista de agradecimentos pode pecar pela ausência de uma ou outra pessoa responsável pela concepção e desenvolvimento de um trabalho como esse, mas vou me arriscar e delinear alguns nomes que me ajudaram a completar essa jornada.

Agradecer é muito bom. E não podemos esquecer-nos Daquele que é o mais generoso de todos, que está sempre presente em tudo e nos ajudando a vencer as várias etapas da vida. Portanto, meu primeiro agradecimento é para **DEUS**, o nosso Pai e Criador de todas as coisas.

À minha mãe Dona Aurica pelo apoio em todos os momentos de minha vida, desde o início e sempre. Com certeza, sem esse maravilhoso exemplo de mãe, eu nunca teria chegado ao final de mais esta etapa.

A minha família, pelo apoio incondicional na evolução dos meus estudos.

Ao meu orientador Professor Doutor Fernando Bernardi de Souza, cuja amizade me orgulho, pelo compromisso assumido na orientação desta dissertação com dedicação e paciência. Muito obrigado, professor, sem você não seria possível o término deste.

Aos professores, membros da banca avaliadora, pela presença e contribuições de melhorias nesse trabalho.

À UNESP (Universidade Estadual Paulista) e ao Departamento de Engenharia de Produção da Faculdade de Engenharia do Campus de Bauru, pela oportunidade de concluir esta etapa de capacitação profissional.

Aos professores das disciplinas cursadas durante o mestrado, pelos valiosos ensinamentos a mim passados, base desta dissertação, o meu reconhecimento.

Aos meus amigos e colegas de mestrado que foram fundamentais durante o período do mestrado com as nossas interessantes discussões dentro e fora da sala de aula.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução dessa dissertação de Mestrado.

"Deus não lhe dá mais do que você pode carregar."

Jesus Cristo

## RESUMO

Um dos aspectos que mais contribui para o cenário competitivo é a gestão da produção das empresas. As organizações enfrentam grandes mudanças e diversas são as abordagens que estão sendo aplicadas visando vantagens competitivas. Entre estas abordagens destaca-se a Teoria das Restrições, do original em inglês Theory of Constraints (TOC), cujas técnicas de gestão da produção nela baseadas reconhecem o importante papel das restrições do sistema e tem como foco melhorar o fluxo produtivo. Tais técnicas partem de premissas nem sempre facilmente compreendidas por alunos ou pessoas ligadas às organizações, o que parece favorecer a utilização de formas não convencionais de ensino, como aplicação de jogos ou simuladores. Contudo, tais jogos ou simuladores atualmente disponíveis os quais foram pesquisados neste trabalho não contemplam os conceitos mais atuais de planejamento e controle da produção baseados na TOC, em especial aqueles relacionados aos métodos Tambor-Pulmão-Corda Simplificado (TPC-S) e GP (Gerenciamento de Pulmão) aplicados em sistemas de produção para estoque, denominados de Produção para Disponibilidade (*Make to Availability* – MTA). Assim, esse trabalho visa levantar as funcionalidades necessárias para que tal *software* obtenha êxito no ensino da abordagem MTA, assim como em desenvolvê-lo e elaborar um plano de aula para demonstrar sua utilização.

Palavras-chave: Ensino. Jogo. *Software*. Planejamento e controle de produção. Teoria das restrições. Fazer para disponibilidade. Produção para estoque.



## **ABSTRACT**

One of the aspects contributes most to the competitive scenario is the management of production of the companies. Organizations are facing major changes and there are several approaches being implemented in order to advantage. These approaches there is the Theory of Constraints (TOC), whose production management techniques based on it recognize the important role of system constraints and focuses enhance the production flow. These techniques depart from the premises do not always easily understood by students or people associated with organizations, which appears to favor the use of unconventional forms of education such as the application or game simulators. However, such games or simulators available which were investigated in this work don't include the latest concepts of production planning and control based on TOC, especially those related to methods Drum-Buffer-Rope Simplified and Buffer Management applied in production systems for stock, called Make to Availability - MTA. Thus, this paper aims to raise the necessary features for such software is successful in teaching approach MTA, as well as develop it and develop a lesson plan to demonstrate its use.

Keywords: Teaching. Game. Software. Theory of constraints. Make to stock, Make to availability.

## LISTA DE ABREVIATURAS

ARA - Árvore da Realidade Atual  
ARF - Árvore da Realidade Futura  
APR - Árvore de Pré-Requisitos  
AT - Árvore de Transição  
ATO – *Assembly To Order*  
CCPM - *Critical Chain Project Management*  
CRP - *Capacity Requirement Planning*  
DDN - Diagrama de Dispersão de Nuvem  
DO – Despesa Operacional  
ECE – Efeito Causa- Efeito  
ETO – *Engineer To Order*  
G – Ganho  
GP – Gerenciamento do Pulmão  
I – Inventário  
JIT – *Just in Time*  
LL – Lucro Líquido  
MRP - *Material Requirement Planning*  
MRP II - *Manufacturing Resource Planning*  
MTA – *Make To Availability*  
MTO – *Make To Order*  
MTS – *Make To Stock*  
NS – Nível de serviço  
OPT - *Optimized Production Technology*  
PCP – Planejamento e Controle de Produção  
RCCP - *Rough Cut Capacity Planning*  
RR – Recurso Restritivo  
RRC – Recurso Restritivo de Capacidade  
RRP - *Resource Requirements Planning*  
SGBD – Sistema Gerenciador de Banco de Dados  
TOC - *Theory of Constraints*  
TPC – Tambor Pulmão Corda  
TPC-S – Tambor Pulmão Cordão Simplificado

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- A demanda e os sistemas produtivos .....	23
Figura 2 – Diagrama de fluxo de produção V .....	31
Figura 3 – Diagrama de fluxo de produção A .....	32
Figura 4 – Diagrama de fluxo de produção T .....	32
Figura 5 – Diagrama de fluxo de produção I .....	33
Figura 6 - Ciclo de melhoria contínua pela metodologia dos cinco passos .....	34
Figura 7 - Estrutura do tambor-pulmão-corda .....	39
Figura 8 - Data viável de entrega em função da carga de trabalho no RRC. ....	45
Figura 9 – Estendendo a data de entrega viável .....	46
Figura 10 - Estrutura do estoque alvo .....	48
Figura 11 – Ensinar e aprender .....	51
Figura 12 – Educar e aprender .....	52
Figura 13 – Tela do jogo da cerveja – versão brasileira .....	59
Figura 14 – Tela do jogo GPCP-1 .....	60
Figura 15 - Fluxograma geral do jogo PSP .....	63
Figura 16 – Tela inicial do <i>software Enter Game</i> .....	64
Figura 17 – Tela inicial da planilha do Politron .....	65
Figura 18 - Tela do jogo Simulation Kanban Game .....	67
Figura 19 - Tela inicial jogo LSSP_PCP1 .....	69
Figura 20 – Tela inicial jogo LSSP_PCP2 .....	69
Figura 21 – Tela inicial jogo LSSP_PCP3 .....	70
Figura 22 – <i>Software GSIM</i> .....	72
Figura 23 - Visão Produção (MICSS) .....	73
Figura 24 – Tela inicial da ferramenta <i>Oracle Forms Builder</i> .....	86
Figura 25 – Arquitetura do ambiente MASTER .....	87
Figura 26 - Tela de abertura do sistema MASTER .....	87
Figura 27 – Tela de cadastramento dos alunos .....	88
Figura 28 – Ambiente de produção .....	89
Figura 29 – Balanço Patrimonial e Demonstrativo de resultados do exercício .....	90
Figura 30 – Histórico de vendas por grupo/produtos .....	92
Figura 31 – Ambiente de produção .....	93
Figura 32 – Calculo do status do pulmão .....	94
Figura 33 – Acompanhamento da ordem de produção ao longo do roteiro de produção .....	95
Figura 34 – Cálculo da carga planejada .....	96
Figura 35 – Parâmetros para aumento da demanda em função do nível de serviço .....	97
Figura 36 – Compra de equipamentos .....	98
Figura 37 – Cadastro de insumos com opções de fornecimento, preços e prazos de entrega .....	99
Figura 38 – Parâmetros para geração aleatória .....	100
Figura 39 – Recurso de horas extras .....	101
Figura 40 – <i>Bill of material</i> .....	102
Figura 41 – Avanço do tempo por intervalos .....	103
Figura 42 – Manutenção de usuários .....	105
Figura 43 – Ambiente de produção .....	106

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Resumo das funcionalidades dos jogos pesquisados .....	75
Quadro 2 – Resumo da opinião dos especialistas em TOC.....	81
Quadro 3 - Resumo funcionalidade indispensável .....	84
Quadro 4 – Simulação de Monte Carlo .....	99

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	15
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA .....	18
1.2 OBJETIVOS .....	18
1.3 JUSTIFICATIVA .....	18
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	20
2. REVISÃO DA LITERATURA .....	22
2.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO PARA ESTOQUE E SOB ENCOMENDA .....	23
2.2 SISTEMAS DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO.....	25
2.3 SISTEMAS DE PCP NA PERSPECTIVA DA TOC .....	28
2.3.1 A TOC .....	28
2.3.2 O sistema TPC clássico .....	37
2.3.3 O gerenciamento do pulmão .....	40
2.3.4 O sistema TPC-S .....	41
2.3.5 O sistema TPC-S aplicado em ambientes de produção para estoque .....	46
2.4 SOFTWARES DE ENSINO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.....	51
2.4.1 Utilização de simuladores na educação .....	51
2.4.2 Surgimento dos <i>softwares</i> de ensino.....	53
2.4.3. Críticas aos <i>softwares</i> de ensino.....	57
2.4.4 Principais <i>softwares</i> de ensino de Engenharia de Produção.....	58
2.4.4.1 <i>Beer Game</i> .....	58
2.4.4.2 GPCP-1 (Gestão da Produção 1).....	59
2.4.4.3 PSP (Programação e Sequenciamento da Produção) .....	62
2.4.4.4 <i>Enter Game</i> .....	64
2.4.4.5 Politrón Internet <i>Business Game</i> .....	65
2.4.4.6 <i>Kanban System Game</i> .....	66
2.4.4.7 LSSP_PCP (Laboratório de Simulação de Sistemas de Produção).....	68
2.4.4.7.1 Jogo LSSP_PCP1 .....	68
2.4.4.7.2 Jogo LSSP_PCP2 .....	69
2.4.4.7.3 Jogo LSSP_PCP3.....	70
2.4.4.8 Mercado virtual.....	70
2.4.4.9 GSim .....	71

2.4.4.10 MICSS .....	72
2.4.5 Resumo das funcionalidades dos <i>softwares</i> pesquisados .....	73
3. MÉTODO DE PESQUISA .....	76
4. DESENVOLVIMENTO DO <i>SOFTWARE</i> MASTER .....	79
4.1 ESPECIFICAÇÃO .....	79
4.2 DESENVOLVIMENTO.....	85
4.3 UTILIZAÇÃO E MANUTENÇÃO .....	87
4.3.1 Registro do desempenho financeiro no final do período .....	90
4.3.2 Identificação e cálculo das medidas: Ganho e Custo Totalmente Variável, Investimento e Despesa Operacional.....	91
4.3.3 Cálculo do giro de estoque no final do período .....	91
4.3.4 Histórico de vendas.....	91
4.3.5 Gerenciamento dinâmico do pulmão de estoques de produtos acabados .....	92
4.3.6 Cálculo do status do pulmão .....	93
4.3.7 Identificação de cores a cada ordem de produção (em função do status do pulmão) .....	94
4.3.8 Acompanhamento da localização da ordem de produção ao longo do roteiro de produção .....	94
4.3.9 Cálculo da carga planejada.....	95
4.3.10 Regras de liberação de ordens de produção para o chão-de-fábrica em função da carga planejada no RRC .....	96
4.3.11 Vinculação de vendas ao desempenho operacional (quanto menor o índice de rupturas, maior a demanda). .....	96
4.3.12 Permissão para compra de equipamentos, definindo prazos de entrega e investimentos. ....	97
4.3.13 Baixa automática de insumos em função da produção .....	98
4.3.14 Compras automáticas de insumos em função da produção.....	98
4.3.15 Opções de fornecimento, com variações de preço e prazo de entrega. ....	98
4.3.16 Geração aleatória de demanda .....	99
4.3.17 Permissão de execução de horas extras no chão de fábrica .....	100
4.3.18 Tipos de demanda diferentes (produtos que vendem mais e menos).....	101
4.3.19 Plantas de fábricas totalmente parametrizáveis .....	101
4.3.20 Identificar a estrutura de cada produto final ( <i>Bill of material</i> ).....	101

4.3.21 Permitir que o usuário avance o tempo por intervalos em dia, semana, mês, ano etc. ....	102
4.3.22 Definição da política de compras (escolha do fornecedor, prazos de entregas, custos, etc.).....	103
5. PLANO DE AULA PARA UTILIZAÇÃO DO <i>SOFTWARE</i> MASTER.....	104
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	109
Anexos .....	118
Anexo 01 – Questionário aplicado aos especialistas em TOC .....	119
Anexo 02 – Manual de instalação Módulo Executor Sistema MASTER.....	126

## 1. INTRODUÇÃO

Com o atual cenário mundial e a velocidade das mudanças, as empresas precisam tornar-se cada vez mais diferenciadas. O homem sempre buscou na técnica um atalho para as suas realizações. E, por meio da tecnologia, como ciência da técnica, pressiona o aumento da produção. Como consequência, os ambientes mercadológico, regulatório, competitivo, político e social forçam as empresas a desenvolverem novos produtos reduzindo custos e melhorando seu desempenho.

Um dos aspectos que mais contribuem para esse cenário competitivo é a gestão da produção das empresas. As organizações enfrentam grandes mudanças e diversas são as técnicas que estão sendo aplicadas para que possam sobreviver perante a concorrência no mercado. Basta verificar a incessante procura de alternativas viáveis para a aplicação de métodos que orientem e proporcionem um melhor desenvolvimento das pessoas e processos dentro das organizações.

Dentre as teorias e métodos de gerenciamento de produção emerge a Teoria das Restrições, do original em inglês *Theory of Constraints* (TOC). Segundo Watson, Blackstone e Gardiner (2007), a TOC é uma filosofia de gestão criada por Eliyahu M. Goldratt que surgiu a partir do desenvolvimento de um sistema de informação chamado OPT (*Optimize Production Technology*), no final dos anos 1970 e início dos anos 1980. Sendo também conhecida por produção sincronizada, a TOC é um método de gerenciamento que se concentra naquilo que impede a maximização do processo produtivo, ou seja, as restrições (SOUZA, 2005).

A TOC é um conjunto de princípios, processos, ferramentas e soluções holísticas, baseada em uma abordagem sistêmica que explora a simplicidade inerente dos sistemas complexos, focando em poucos “pontos de alavancagem” com o objetivo de sincronizar todas as partes do sistema para obter uma melhoria significativa do desempenho do sistema como um todo (SELLITO, 2005).

Podem-se citar como vantagens da TOC a visão sistêmica da empresa e o reconhecimento do importante papel das restrições do sistema, buscando, com isso, um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis e, conseqüentemente, uma melhor lucratividade da empresa (COLLATTO; REGINATO, 2005).

Os conceitos apresentados por Goldratt com a publicação do livro “A meta”, em 1984, ganharam destaque no meio empresarial. No livro, Goldratt apresenta a TOC e introduz a metodologia de programação “Tambor-Pulmão-Corda” (TPC). Essa



metodologia propõe que a produção seja programada em função das restrições. O TPC tem contribuído efetivamente para o aumento da produtividade das empresas, a partir do foco na meta principal da empresa: ganhar mais dinheiro hoje e no futuro. O TPC permite o aproveitamento máximo da restrição do sistema e sincroniza a liberação de materiais na fábrica de acordo com o consumo na restrição, aumentando o ganho e reduzindo o nível de inventário desde a implementação. O Gerenciamento de Pulmões (GP) garante a dinâmica esperada do TPC e possibilita a melhoria contínua de todo o sistema. Uma das maiores vantagens desse método é sua rápida e fácil implementação, seguida de resultados significativos no curto prazo (BASILIO *et al.*, 2008).

Recentemente Schragenheim e Dettmer (2001) contribuíram para a criação do método Tambor-Pulmão-Corda Simplificado (TPC-S) que possui como premissa que a restrição principal da empresa é a sua forma de tratar o mercado e que qualquer recurso, incluindo o Recurso Restritivo de Capacidade (RRC), deve ter capacidade em excesso ou capacidade protetiva. Tal estratégia, segundo Kadipasaoglu *et al.* (2000), pode ser um fator decisivo no negócio da empresa. O TPC-S é mais rápido de implementar e obtém melhores resultados quando comparado ao TPC Clássico, além de atender bem as necessidades de planejamento e controle da produção em ambientes de produção para estoque (*make to stock* – MTS) (SOUZA; BAPTISTA, 2010; SCHRAGENHEIM; DETTMER; PATTERSON, 2009).

Por sua vez, o modelo tradicional de ensino adotado na Educação em Engenharia está apoiado na transmissão de conhecimentos que, normalmente focaliza os aspectos conceituais das diversas teorias, sem a sua necessária contextualização. A reprodução desses conhecimentos é valorizada por meio do estímulo à memorização, pela prática repetitiva dos mecanismos e da lógica de funcionamento dos modelos conceituais e pela aplicação de técnicas e métodos como forma única e eficaz de solução de problemas. Ocorrem as conhecidas e discutidas relações entre professor, aluno e conteúdo. O professor como o centro do conhecimento, especialista e transmissor. O aluno passivo e receptor, um recipiente a ser completado, com o conhecimento repassado em frações ideais (conteúdo programático) de modo a propiciar a máxima utilização de todos os recursos envolvidos, incluindo-se o tempo e espaço (BELHOT; FIGUEIREDO; MALAVÉ, 2001).

A competitividade e a produtividade assumiram para as empresas recentemente dimensões muito mais significativas que: ser grande, produzir muito, ao mínimo custo possível e com a máxima eficiência. Nesse sentido, as empresas tiveram que reagir e se adaptar a essa ordem, com modernização tecnológica e gerencial. O desenvolvimento e a facilidade de acesso às tecnologias de informática e de telecomunicações aceleraram as mudanças. Paralelamente, o ensino de engenharia acabou sendo afetado por essas mudanças de várias maneiras. Em um primeiro momento a pressão veio das empresas solicitando soluções novas e imediatas. Em um segundo momento, passou a delinear um perfil profissional desejado para o mercado de trabalho. Pressionada, a academia reagiu, como era de se esperar. Primeiro, por intermédio da tecnologia e sua rápida evolução, depois pela busca de um novo padrão para as questões ligadas ao processo de ensino e de aprendizagem. Essas questões passavam: por inserção da tecnologia, pela redefinição do papel do professor e do aluno, por proposição de novas formas de ensino, pela valorização das técnicas empregadas no ensino de engenharia, pela incorporação do conhecimento disponível nas áreas da psicologia e da educação ou mesmo pela discussão da qualidade e sua avaliação (BELHOT; FIGUEIREDO; MALAVÉ, 2001).

Schafranski (2002) pesquisou o uso de *softwares* educacionais como fator de contribuição na aprendizagem sobre técnicas de gestão da produção e concluiu que eles melhoram o processo. Em seu trabalho, ele explora a utilização de dinâmica de jogos empresariais para mudar o comportamento padrão dos estudantes e facilitar o aprendizado. Aborda ainda a importância desse tipo de trabalho como forma de contribuição ao mundo acadêmico, assim como para a utilização das funções de gestão da produção em uma dinâmica mais próxima da realidade empresarial. O autor ressalta a importância de adaptar os jogos de empresas à realidade das indústrias brasileiras buscando situações as mais realistas possíveis.

Mas, enquanto há jogos de ensino que possibilitam o aprendizado do TPC Clássico e do TPC-S em ambientes de produção sob encomenda (*make to order – MTO*), não se conhece até o momento uma aplicação desenvolvida com o intuito principal de ensinar a aplicação do TPC-S em ambientes MTS, especialmente de acordo com os seus conceitos mais atuais. Neste sentido, este trabalho visa o desenvolvimento de um *software* de apoio ao ensino de métodos de planejamento e controle da produção baseados na TOC contemplando as suas mais atuais técnicas

e conceitos, em especial o método Tambor-Pulmão-Corda Simplificado (TPC-S) em ambientes MTS.

### 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

A maior parte da literatura sobre práticas de TOC trata principalmente sobre como a implantação destas práticas melhora a vantagem competitiva e o desempenho operacional e organizacional. Há uma deficiência no tocante aos *softwares* desenvolvidos baseados em seus conceitos, em especial no que concerne ao ensino de TPC e GP em ambientes de produção para estoque. Nesse sentido, é apontado o seguinte problema de pesquisa:

**Quais funcionalidades e características um *software* de ensino de planejamento e controle de produção aplicado em ambiente MTS e baseado na TOC deveria possuir?**

### 1.2 OBJETIVOS

Com base nos conceitos e métodos mais atuais de aplicação da TOC no âmbito do planejamento e controle da produção, denominados de Tambor-Pulmão-Corda Simplificado (TPC-S) e Gerenciamento do Pulmão (GP), esta pesquisa objetiva desenvolver um *software* para ensino dos métodos TPC-S e GP em ambientes MTS que incorpore as principais características e funcionalidades necessárias para o êxito no ensino desta abordagem.

Com base no objetivo geral, declaram-se os seguintes objetivos específicos:

- Pesquisar e analisar os *softwares* de ensino atuais de uso da TOC;
- Identificar as funcionalidades e características que um *software* de ensino dos métodos TPC-S e GP em ambientes MTS deve possuir;
- Desenvolver um *software* para ensino do TPC-S e GP em ambientes MTS.
- Demonstrar um plano de aula para utilização do *software* de ensino desenvolvido.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Mabin e Balderstone (2003) afirmam que a TOC tem sido utilizada em ampla gama de organizações nos 20 anos que o antecederam. A literatura sobre ela tem aumentado cada vez mais com inúmeros livros e artigos publicados. Inúmeras

organizações que aplicaram TOC obtiveram melhorias consideráveis em determinadas medidas de desempenho, indicando que ela forneceu uma importante fonte de vantagem competitiva para essas organizações. Foram estes os resultados relatados pelos autores:

- *Lead Times*: Redução média de 70%
- Tempo de ciclo: Redução média de 65%
- Desempenho de Entrega: Melhoria média de 44%
- Níveis de estoque: Redução média 49%
- Vendas/Ganho: Aumento médio de 63%

Por outro lado, as formas de ensinar têm evoluído das aulas expositivas em quadro negro para o uso de métodos mais modernos, tanto na forma de ensinar quanto no uso de tecnologia. Novos métodos de ensino, além de facilitar o aprendizado contribuem para o desenvolvimento e aperfeiçoamento de cursos e disciplinas (ANTONIO; WERNECK; PIRES, 2005).

A aprendizagem de qualquer conceito ocorre com maior efetividade se, associadas à transmissão de conceitos teóricos, for possível realizar uma aplicação prática que facilite o processo de ensino e aprendizagem. Uma forma de possibilitar essa aplicação prática de conceitos teóricos é a utilização de *softwares* que simulem, com o significado necessário, situações similares ao contexto da vida real onde aqueles conceitos poderiam ser aplicados (PANTALEÃO; OLIVEIRA; JUNIOR, 2003).

Segundo Souza (2005), há atualmente muitos sistemas computacionais baseados na TOC, inclusive brasileiros, como o *Drummer APS*, da empresa Linter Sistemas. Em Correa, Giansi e Caon (2001, p.357-358), pode-se encontrar uma relação de sistemas de programação com capacidade finita, dentre os quais o *Preactor*, *I2*, *The Goal System*, *Ressonance*, entre outros, que são fundamentados na TOC. Entretanto, tais *softwares* são para uso em aplicações empresariais, não sendo específicos para utilização em ensino.

Em pesquisa realizada em sites das empresas especializadas em TOC no Brasil (*Inherent Simplicity*, *Vectis Solutions*, *Heptagon*), constata-se uma grande variedade de *softwares* utilizando a metodologia TOC para aplicações empresariais, não sendo mencionados nestes sites *softwares* para auxílio ao ensino.

Em visita ao site <https://www.toc-goldratt.com> (Goldratt's Marketing Group<sup>1</sup>), constatou-se que os *softwares* disponíveis mais completos para ensino de TOC, mais especificadamente aqueles voltados à área de planejamento e controle da produção e que foram elaborados por estudiosos ou consultores ligados ao Instituto Goldratt<sup>2</sup>, além de estarem em inglês, não contemplam os conceitos e técnicas mais atuais elaboradas pelo próprio Instituto, especialmente no que se refere à aplicação das abordagens TPC e GP em ambientes MTS.

Neste sentido, desenvolver um *software* no Brasil, em língua portuguesa e que preencha as lacunas de conhecimento que os melhores e mais atuais sistemas possuem, deve trazer relevantes benefícios para iniciantes, pesquisadores e consultores em TOC.

O referido *software* tem como objetivo o ensino de alunos de cursos de graduação e pós-graduação em Engenharia de Produção, Administração de Empresas e outros cursos afins. O *software* também poderá ser utilizado para treinamento de consultores em Teoria das Restrições, além de apoiar o desenvolvimento de pesquisas no assunto.

Finalmente, esta dissertação contribuirá para a continuação de estudos e pesquisa já realizados no Departamento de Engenharia de Produção da UNESP - Bauru, especialmente no que tange ao tema *software* de ensino e TOC.

#### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O capítulo 1 refere-se à introdução e contextualiza o tema envolvendo a concepção do *software* de ensino. Apresenta a formulação do problema, o objetivo geral e específico e por fim a justificativa da pesquisa.

O capítulo 2 refere-se ao referencial teórico: apresenta a origem da Teoria das Restrições, seus sistemas de medição de desempenho, análise VATI, metodologia TPC, metodologia TPC-S e o gerenciamento de pulmões e posteriormente trata dos *softwares* de ensino de engenharia de produção. Apresentando a origem e o propósito do uso de *softwares* de ensinamentos, a utilização no ensino de engenharia, bem como, as críticas ao tema. Descreve uma grande

---

<sup>1</sup> Entidade que gera recursos para indivíduos, tais como livros, vídeos e CDs, programas de auto aprendizado e simuladores, sobre a Teoria das Restrições, também fornece suporte para publicar agendas de programas e eventos relacionados à TOC.

<sup>2</sup> Entidade internacional, criada em 1986 pelo físico israelense Eliyahu M. Goldratt, que tem o objetivo de gerar, disseminar e implementar o conhecimento da TOC.

variedade de *softwares* de ensino ilustrando como eles podem assumir importante papel no processo de ensino-aprendizagem.

O capítulo 3 refere-se ao método da pesquisa e apresenta suas características, como foram definidos o universo, a amostra e os instrumentos de coleta de dados e expõe as limitações do estudo.

O capítulo 4 descreve o desenvolvimento do *software* de ensino. Ele apresenta a especificação, o desenvolvimento e a utilização do *software*.

O capítulo 5 apresenta as considerações finais e possíveis pesquisas futuras. No final do trabalho são apresentadas as referências que compõem a bibliografia utilizada para a estruturação da base teórica da pesquisa, trazendo também os anexos e outros materiais que possam servir de apoio para estudos mais detalhados, tais como o questionário aplicado para criação do *software*.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

A Engenharia de Produção se dedica ao estudo, ao projeto e à gerência de sistemas integrados de pessoas, materiais, equipamentos e ambientes, visando à melhoria da produtividade do trabalho, da qualidade do produto e da saúde das pessoas no trabalho. Dado que a Engenharia de Produção não se insere em uma área específica da tecnologia, caracterizando-se antes como uma "engenharia de métodos e de procedimentos", a abordagem interdisciplinar tornou-se o caminho histórico da sua construção cognitiva. A formação do Engenheiro de Produção deve atender, portanto, essa abrangência de interesses, tendo em vista a extensa aplicabilidade de seus métodos, como de seu contato com diversas ciências humanas, em particular a economia e as ciências da organização. Ele deve ser, portanto, o "engenheiro interdisciplinar" por excelência, no qual a competência técnico-científica se alie a um embasamento humanístico sólido (ANDRADE, 2010).

Porém, há críticas ao modelo formal de ensino, devido à sua limitação às necessidades do aluno e da sociedade. O processo de ensino, às vezes, é massificado, ignorando as individualidades, preferências e conhecimentos prévios dos estudantes. O aluno está se tornando cada vez mais um expectador passivo da instrução. Os professores em geral adotam o método expositivo, no qual a maioria dos aprendizes permanece passiva (FREITAS *et al.*, 2006).

Para Bernard (2006), a Tecnologia da Informação está presente no ensino em geral, o que possibilita a criação de novos modelos e técnicas de abordagem para o ensino. Cada vez mais os computadores estão presentes na vida cotidiana, e novos métodos de ensino-aprendizagem vêm sendo desenvolvidos para acompanhar necessidades impostas pela sociedade. Assim, existe a possibilidade de desenvolvimento dos mais variados *softwares* para diversas finalidades, como os educativos, usados como ferramenta de apoio ao processo de ensino-aprendizagem.

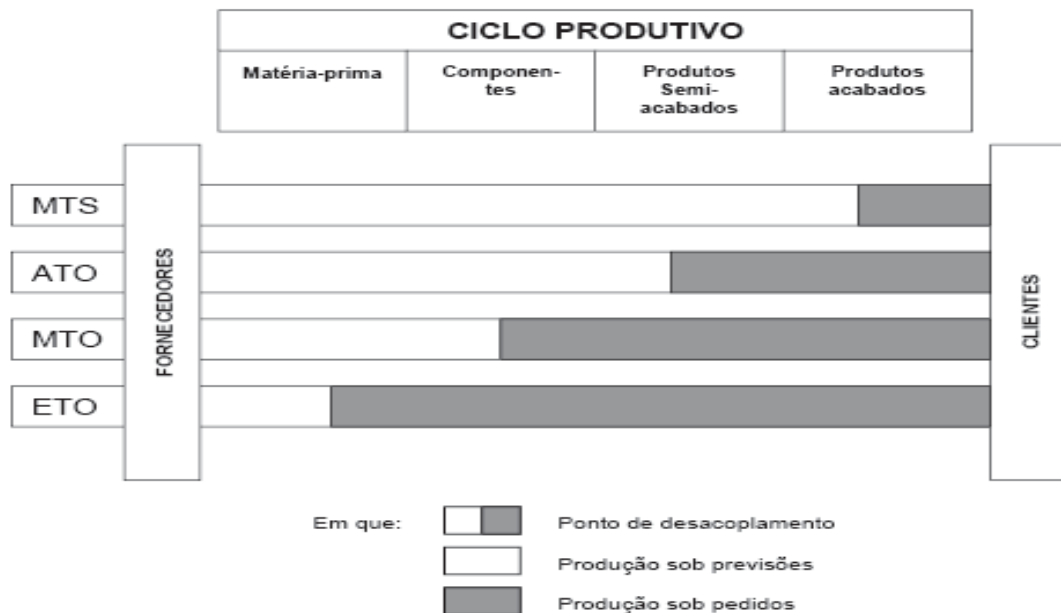
Esse capítulo descreve os tipos de sistema de produção (para estoque e sob encomenda), apresenta a revisão teórica sobre a TOC, passando pelo sistema TPC clássico, gerenciamento do pulmão (GP), o sistema TPC-S e a utilização do TPC-S em ambientes de produção para estoque. Posteriormente, são descritos sinteticamente os *softwares* mais utilizados para o ensino de Planejamento e

Controle da Produção (PCP) e finalmente são apresentadas críticas sobre a utilização de *software* de ensino.

## 2.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO PARA ESTOQUE E SOB ENCOMENDA

Vollmann *et al.* (2006) e Slack, Chambers e Johnston (2009) estabelecem quais são os sistemas produtivos mais conhecidos e utilizados. Eles estão ilustrados na Figura 1 e detalhados a seguir de acordo com Pires (2004), Vollmann *et al.* (2006) e Slack, Chambers e Johnston (2009).

Figura 1- A demanda e os sistemas produtivos



Fonte: Pires (2004) *apud* Reis (2007, p. 67).

- Produzir para Estoque (MTS – *Make-to-Stock*): A característica deste sistema é que o processo produtivo ocorre antes mesmo que a venda ou o pedido do cliente tenha sido confirmado. Nestes sistemas, os produtos são totalmente padronizados. Não há margem para customização, pois os pedidos orientam-se pelos estoques de produtos acabados. Isto significa que a interação com o cliente é mínima ou quase inexistente. As decisões de produção são influenciadas por previsões. A vantagem de sistemas produtivos MTS é a rapidez da entrega. Em termos de atendimento, o MTS seria a alternativa com o melhor nível de serviço por força da alta



disponibilidade do produto. Por outro lado, os custos de estoques tendem a ser elevados e os ciclos de vida podem ser longos, porém, previsíveis.

- Produzir por Encomenda (MTO – *Make-to-Order*): Neste ambiente, a produção é iniciada depois que o pedido está confirmado pelo cliente, embora, o projeto básico do produto pode ser desenvolvido em meio aos contatos iniciais com o cliente. É um sistema produtivo orientado pela encomenda. Os produtos geralmente não são repetitivos. Sistemas produtivos MTO destacam-se pela complexidade de gestão do processo produtivo. A maior interação com o cliente também influencia nos prazos de entrega que, comparativamente, são maiores em relação aos sistemas produtivos MTS. Apesar desta desvantagem, o cliente está disposto a tolerar a demora em ter um produto customizado. Para o fornecedor, a vantagem consiste em menores estoques, além, é claro, de uma maior satisfação do cliente. Importa destacar também que os produtos fabricados em sistemas MTO podem ser inéditos, produzido sob medida para o cliente ou a configuração do produto pode ser ajustada às necessidades do cliente a partir de um conjunto de opções previamente definidos.
- Montagem por Encomenda (ATO – *Assemble-to-Order*): É uma combinação de sistemas MTS com sistemas MTO. Os componentes de uso comum e de maior demanda são produzidos para estoque. Na medida em que o pedido dos clientes é confirmado, inicia-se a produção dos componentes que atenderão as especificações contidas nos pedidos.
- Projetado por Encomenda (ETO – *Engineer-to-Order*): É uma extensão do MTO. A diferença consiste no nível de interação com o cliente que se inicia no desenvolvimento de projeto do produto, levando a produtos altamente customizados. A especificação do produto é imprevisível. Estes dois fatores provocam *lead times* longos.

Segundo Schragenheim (2010), a partir de uma perspectiva de negócios, há uma diferença óbvia entre a produção de uma encomenda de uma ordem específica do cliente e produzir uma ordem em antecipação da demanda futura: produzir em antecipação significa risco, enquanto a produção de um pedido firme parece seguro o suficiente.

## 2.2 SISTEMAS DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2009), a função Produção administra a maneira pela qual as organizações produzem bens e prestam serviços. A criação de bens e serviços é a razão de ser de qualquer empresa. Toda organização possui uma função produção porque produz algum bem ou serviço, não importando o seu tamanho, sua atividade, pública ou particular, visando lucro ou não. A função produção trata dos seguintes assuntos: estratégia de produção e projeto de produtos e serviços, arranjo físico e fluxos produtivos, arranjos produtivos, ergonomia, estudo de tempos e movimentos, planejamento e controle da produção (planejamento de capacidade, planejamento agregado, plano mestre de produção e sequenciamento da produção e planejamento e controle de projetos).

O planejamento e controle da produção (PCP) é uma função administrativa que tem por objetivo fazer os planos que orientarão a produção e servirão de guia para o seu controle, que é, também, feito pelo PCP. Em termos simples, o PCP determina *o que* vai ser produzido, *como* vai ser produzido, *onde* vai ser produzido, *quem* vai produzir e *quando* vai ser produzido. Em uma visão moderna, onde a manufatura possui papel estratégico importante, o PCP é responsável pela coordenação e aplicação dos recursos produtivos, de forma a atender de melhor maneira possível os planos estabelecidos em níveis estratégico, tático e operacional da empresa (TUBINO, 2009).

Para Lopes e Lima (2008), o PCP é uma função de apoio de coordenação das várias atividades de acordo com os planos de produção, de modo que os programas pré-estabelecidos possam ser atendidos nos prazos e quantidades. O PCP e seus sistemas integrados direcionam o planejamento e controle de forma que a empresa possa detectar as exigências do seu processo produtivo. Cabe a essa função o cumprimento dos objetivos de desempenho organizacionais a partir da aplicação eficiente dos recursos de produção.

As atividades de PCP podem atualmente ser implementadas e operacionalizadas através do auxílio de vários sistemas, sendo que esse trabalho explicita os mais conhecidos e importantes: MRP / MRPII, JIT e TPC. Devido aos objetivos desse trabalho, o sistema TPC será detalhado com mais ênfase.

A função de Planejamento das Necessidades de Materiais - MRP (*Material Requirements Planning*) surgiu devido à necessidade do planejamento do atendimento da demanda dependente tanto na produção de bens como serviços. O

cálculo da necessidade de materiais é simples e conhecido há muito tempo. Baseia-se na ideia de que, se todos os componentes de determinado produto e os tempos de obtenção de cada um deles são conhecidos, pode-se, com base na visão de futuro das necessidades de disponibilidade do produto em questão, calcular os momentos e as quantidades que devem ser obtidas para que não falte nem sobre nenhum deles, no suprimento das necessidades dadas pela produção do referido produto (CORRÊA; GIANESI; CAON, 2010).

O MRP utiliza as listas de materiais e os prazos dos itens para calcular a quantidade necessária e as datas de vencimento para cada subconjunto e seu componente item. O cálculo começa com os itens de mais alto nível na estrutura do produto e em um momento é realizado para o mais baixo nível (SEGERSTEDT, 1996).

O MRP ainda é usado nos dias de hoje por várias empresas, mas, este foi evoluído de forma a incluir elementos de compras, financeiros, e marketing. Esta nova versão é chamada MRP II (*Manufacturing Resource Planning* ou Planejamento dos Recursos de Produção). O MRP II inclui um conjunto completo de atividades envolvendo o planejamento e controle de operações de produção (CORRÊA; GIANESI; CAON, 2001).

Para Kwong e Fung (2000), o sistema MRPII se tornou um dos mais velozes nas áreas de informática dos setores de manufatura. Tal sistema é empregado para planejar a capacidade produtiva, calculando os recursos humanos e fabris necessários à manufatura das partes componentes ao produto final.

O MRPII diferencia-se do MRP pelo tipo de decisão de planejamento que orienta; enquanto o MRP orienta as decisões de o que, quanto e quando produzir e comprar, o MRPII engloba também as decisões referentes a como produzir, ou seja, com que recursos (CORRÊA; GIANESI; CAON, 2001).

A partir da década de 1980, os modelos MRPII passam a disputar com os sistemas *Just in Time* (JIT) a posição de vanguarda na gestão de materiais e da produção. Quando comparados ao JIT, costuma-se definir o MRP como um sistema de produção “empurrada” (“*push system*”) uma vez que as ordens de produção são emitidas conforme a demanda dos clientes (datas de entrega). Em contraposição, os sistemas JIT são classificados como sistemas de produção “puxada” (“*pull system*”), em que a emissão de novas ordens de produção fica condicionada ao volume existente de estoques intermediários na fábrica (LAURINDO e MESQUITA, 2000).

O sistema de “puxar” a produção a partir da demanda, produzindo em cada estágio somente os itens necessários, ficou conhecido como sistema *Kanban*, que é o nome dado aos cartões utilizados para autorizar a produção e a movimentação de itens ao longo do processo produtivo (CORRÊA e CORRÊA, 2008).

O JIT é uma abordagem disciplinada, que visa aprimorar a produtividade global e eliminar os desperdícios. Ele possibilita a redução eficaz em termos de custos, assim como o fornecimento apenas da quantidade correta, no momento e local corretos, utilizando o mínimo de instalações, equipamentos, materiais e recursos humanos. O JIT é dependente do equilíbrio entre a flexibilidade do fornecedor e a flexibilidade do usuário (SLACK *et al.*, 2009).

Segundo Costa *et al.* (2008), o JIT usa o sistema *Kanban* para retirar as peças em processamento de uma estação de trabalho e puxá-las para a próxima estação do processo produtivo. O sistema *Kanban* é bem sucedido na organização de processos quando a demanda é constante e um período de tempo é fixado. Práticas de produção têm demonstrado que o sistema é eficaz em uma produção de ambiente estável (YANG *et al.*, 2010).

Por outro lado, a TOC proposta por Goldratt sugere uma metodologia para planejamento e controle da produção denominada Tambor-Pulmão-Corda (TPC). A maneira de o TPC programar a produção parte do pressuposto de que existem apenas alguns poucos recursos com restrição de capacidade que irão impor o índice de produção da fábrica inteira (SOUZA, 2005).

O método TPC consiste em desenvolver um cronograma para saber a data em que o material deve ser adquirido e processado. Este cronograma ou plano é chamado de “Tambor”. Em segundo lugar, determinar quando deve ser liberado o material para os grupos de trabalho, chamado de “Corda”. Além disso, deve ser reservada uma quantidade de material a ser enviada a qualquer momento ao grupo restrição. Essa reserva é chamada de “Pulmão” (COGAN, 2007).

O Gerenciamento do Pulmão (GP) permite quantificar e identificar sistematicamente as causas das interrupções no processo. Isto é importante para garantir as programações da restrição e da entrega dos pedidos. Mantendo-se um controle sobre os buracos nos pulmões, é possível prever os problemas que acarretariam a interrupção da programação. Assim, pode-se resolver o problema antes que ele prejudique a produção (SOUZA, 2006).

Mais recentemente, Schargenheim e Dettmer (2001) propuseram um novo método chamado Tambor-Pulmão-Corda Simplificado (TPC-S), baseado nas premissas de que a demanda de mercado deve ser sempre a restrição do sistema e que excesso de capacidade deve ser adicionado aos recursos restritivos.

Os dois últimos métodos citados TPC-S e GP, objetos de estudo dessa dissertação, serão detalhados mais adiante nesse trabalho. Esse trabalho tem como foco os ambientes MTS, no qual a verificação de disponibilidade para oferta imediata é o interesse de pesquisa.

## 2.3 SISTEMAS DE PCP NA PERSPECTIVA DA TOC

Segundo Reis (2007), para a TOC, o Planejamento Mestre da Produção é visto de outra maneira. Diferentemente da visão convencional, a TOC evita ao máximo as previsões. O Gerenciamento do Pulmão (GP), que é o conceito de controle de produção da TOC, substitui algumas práticas de previsões convencionais. O GP e o método de programação TPC, e agora recentemente o TPC-S, estabelecem prioridades segundo o status do pulmão (explicado mais adiante), o qual é um reflexo da concretização da subordinação ao mercado. A seção abaixo trata da TOC, estruturando sua revisão bibliográfica passando pela sua origem, princípios, análise VATI, processos de aprimoramento contínuo, ferramentas de raciocínio e sistema de medição de desempenho. Posteriormente, são analisados o sistema TPC clássico, o gerenciamento do pulmão, o sistema TPC-S e sua aplicação em ambientes de produção para estoque.

### 2.3.1 A TOC

Segundo Goldratt (2008) existem quatro principais obstáculos que bloqueiam pessoas ou organizações a iniciarem um processo de significativas e contínuas melhorias. Tais obstáculos estão relacionados com a forma como as pessoas lidam com a complexidade, com os conflitos, com o comportamento humano e com as potencialidades de se obter melhorias significativas sistematicamente. A TOC se fundamenta em quatro princípios, ou axiomas, derivados diretamente da necessidade de lidar com cada um desses obstáculos, que são: Simplicidade Inerente, Harmonia, Respeito e Potencial Inerente.

A TOC é uma filosofia de gerenciamento baseada na abordagem sistêmica, tendo por objetivo permitir aos seus praticantes não apenas respostas à pergunta “O

quê” (os princípios fundamentais para melhorar as organizações continuamente e de forma sustentável), mas também o “Como” – os processos de análise, políticas, práticas e medidores necessários para implementar, de forma prática e efetiva, uma abordagem sistêmica para atingir a melhoria contínua em suas organizações (ALMEIDA; SOUZA; BAPTISTA, 2010).

Watson, Blackstone e Gardiner (2007, p. 389) descrevem:

A TOC não teve um início espetacular, não foi resultado de alguma visão futurista em relação ao gerenciamento de produção, mas de um pedido simples de ajuda. No final dos anos 1970, um vizinho do Dr. Eliyahu Goldratt administrava uma planta que produzia galinheiros. O vizinho pediu a Goldratt, um físico, para ajudá-lo no desenvolvimento de um programa que aumentasse a produção. Ele respondeu desenvolvendo um programa que triplicou a produção da planta dentro de um pequeno período de tempo.

Segundo Rahman (1998), como parte de uma estratégia de marketing para o sistema OPT, Goldratt ilustrou seus conceitos sob a forma de um romance em que a teoria é revelada aos poucos através do contexto do cotidiano de um ambiente de produção. Por mais de duas décadas, a aceitação dos métodos e práticas da TOC tem crescido não apenas entre os praticantes da administração da produção e operações, mas, também entre os membros da comunidade acadêmica (DAVIES; MABIN; BALDERSTONE, 2005).

Existem duas premissas em sua abordagem. A primeira é considerar a empresa como um sistema cujo resultado depende da forma como diferentes processos interagem. A segunda é a de que uma restrição é qualquer fator que limite o sistema de atingir sua meta. Sendo assim, todo sistema deve ter pelo menos uma restrição ou fator limitante. Uma restrição não é boa ou má. Ela existe e deve ser gerenciada (GOLDRATT, 2003).

Para Goldratt e Cox (2003), uma empresa é um sistema, cujo sucesso ou fracasso depende da forma como diferentes processos interagem entre si. Por serem os processos interligados, não se devem concentrar esforços em todos os processos numa empresa, mas naqueles que apresentam maiores impactos sobre a meta de faturamento da empresa, ou seja, as restrições.

Santos *et al.* (2006) distinguem dois tipos de restrição: a primeira é física, isto é, restrição de recurso tal como mercado, fornecedor, máquinas, materiais, pedido, projeto e pessoas. Refere-se a uma situação específica de restrição que tem

capacidade insuficiente. Assim, um recurso gargalo, por exemplo, ocorre quando sua capacidade é inferior à demanda colocada nele. Por outro lado, um recurso não gargalo é aquele cuja capacidade é superior à demanda colocada nele e, portanto, tal recurso não é uma restrição ao sistema. O segundo tipo de restrição é política, que é representada por normas, procedimentos e práticas usuais do passado que restringem a empresa em termos de seu objetivo de aumentar seus lucros. As políticas são, no geral, respostas a uma problemática ocorrida há muito tempo e são quase sempre aceitas e seguidas sem pensar. As restrições resultantes de políticas podem ser de difícil identificação e se identificadas não são geralmente fáceis de elevar.

Boyd e Gupta (2004) estabeleceram a TOC como uma teoria, identificando claramente a sua orientação para o fluxo juntamente com suas três dimensões: pensamento, medidas e metodologia. Para Schragenheim (2007), os princípios propostos pela TOC orientam a encontrar formas de reduzir os tempos dos diferentes *leads times*.

Ela tem se desenvolvido como uma teoria de gestão potente e versátil, como um conjunto de quadros teóricos, metodologias, técnicas e ferramentas. É uma metodologia sistêmica de estruturação e resolução de problemas podendo ser usada para desenvolver soluções com o poder intuitivo e de rigor analítico em qualquer ambiente (MABIN; BALDERSTONE, 2003).

A TOC é constituída por três ramos principais. O primeiro é o ramo logístico, que engloba metodologias de programação e controle de produção e estoques, como o sistema Tambor-Pulmão-Corda (TPC) e mais recentemente o sistema Tambor-Pulmão-Corda Simplificado (TPC-S). Adicionalmente propõe a utilização da análise VATI para identificação dos processos produtivos e contribuir para a tomada de decisão sobre quais formas de planejar e controlar a produção (COX III; SPENCER, 2002).

De acordo com Cox III e Spencer (2002, p. 108):

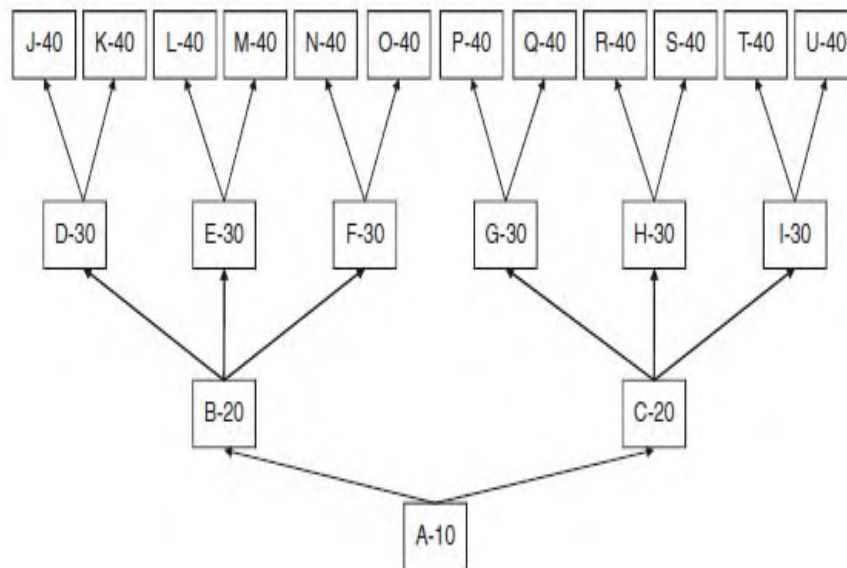
A análise VATI é uma abordagem que quebra as barreiras tradicionais e percebe a organização como uma interação entre produtos e processos. Vendo a organização a partir dessa visão sistêmica, quatro categorias gerais de estruturas ou formas de produção emergem; cada estrutura exigindo uma abordagem um pouco diferente para o gerenciamento de planejamento e controle.

Cox III e Spencer (2002) explicam que a estrutura lógica VATI é composta de duas informações: a estrutura dos produtos e o roteiro de produção. A estrutura do produto serve para explicar a relação do produto final com seus componentes e orientar o processo de fabricação desde o ponto de entrada da matéria-prima até a finalização do produto acabado.

Srikanth (2010) explica e ilustra cada uma das estruturas:

- Estrutura Lógica V: Começa com uma pequena quantidade de matérias-primas, às vezes uma. O fluxo de materiais segue em V, pois tanto os processos quanto os materiais divergem em algum ponto e prosseguem adiante, resultando em diferentes tipos de produtos acabados. Se houver algum recurso restritivo, ele estará posicionado no início do processo. Geralmente, o fluxo é caracterizado por equipamentos caros e longos tempos de preparação. A Figura 2 ilustra esta estrutura;

Figura 2 – Diagrama de fluxo de produção V

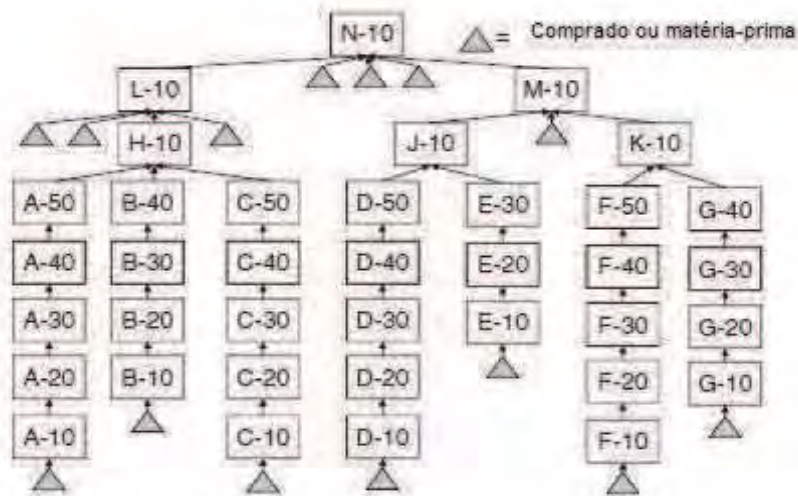


Fonte: Srikanth (2010, p. 202)

- Estrutura Lógica A: Começa tipicamente com um grande número de matérias-primas e ou um número de combinações de operações que, em algum ponto, são convergidas por meio do andamento da produção para atender ao pedido do cliente. O fluxo A pode ser tipicamente operações de montagem. A Figura 3 mostra esta estrutura;



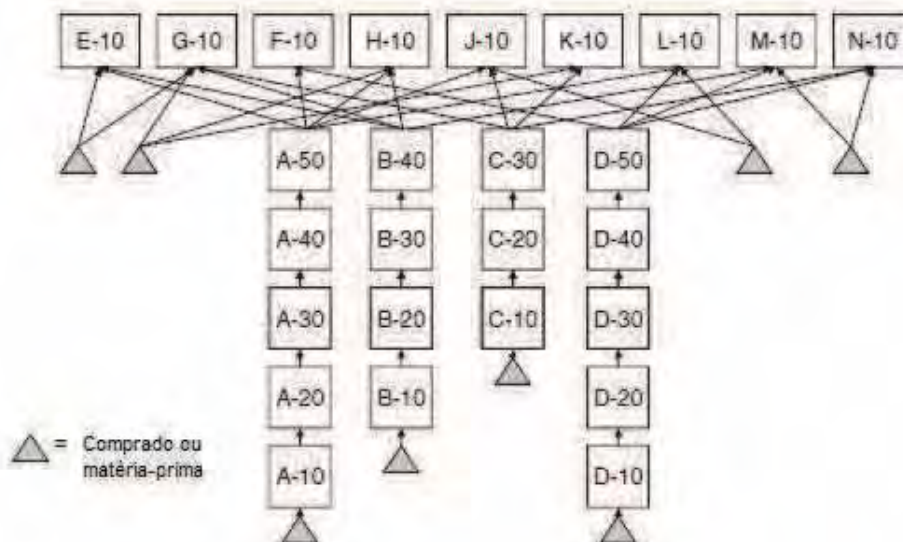
Figura 3 – Diagrama de fluxo de produção A



Fonte: Srikanth (2010, p. 204)

- Estrutura Lógica T: Este tipo implica na montagem de um pequeno número de componentes que podem ser combinados de diversas formas para criar um grande número de produtos acabados. As últimas operações do processo, começando com os componentes, são similares ao tipo “V”. Porém, a última fase do processo – a fabricação dos componentes – é normalmente composta de fluxos de certa forma independentes tais como o tipo “A” ou “I”. Conseqüentemente, a estrutura do tipo “T” é uma combinação de V com A ou, ainda, com I. A Figura 4 demonstra esta estrutura;

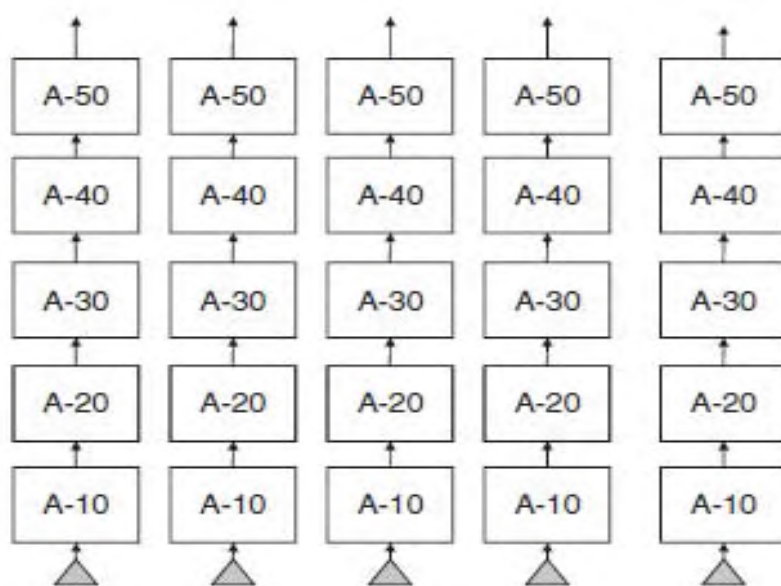
Figura 4 – Diagrama de fluxo de produção T



Fonte: Srikanth (2010, p. 207)

- Estrutura Lógica I: Estas estruturas são conhecidas por ser uma linha reta com poucas matérias-primas sendo usadas no início e um número pequeno de produtos acabados. São linhas de produção dedicadas ao processamento simultâneo de um pequeno número de produtos. A Figura 5 ilustra esta estrutura.

Figura 5 – Diagrama de fluxo de produção I



Fonte: Srikanth (2010, p. 209)

O segundo ramo da TOC trata do gerenciamento das restrições, englobando o PAC – Processo de Aprimoramento Contínuo, e que constitui num processo lógico e encadeado de ações voltadas a identificação e remoção das restrições existentes na empresa (COX III; SPENCER, 2002).

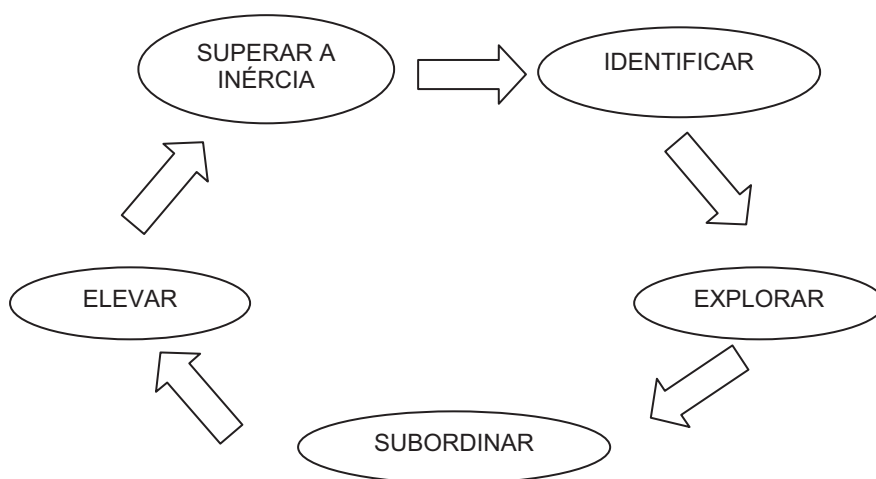
Todo sistema tangível, tal como um empreendimento com fins lucrativos, deve ter pelo menos uma restrição. Tal ideia, segundo Corbett (2005), é explicada pelo fato de que se não houvesse algo que limitasse o desempenho do sistema, este seria infinito, uma vez que nada impediria o sistema de manter evoluindo constantemente a seu desempenho em relação à meta.

Seguindo este raciocínio, Goldratt (1990) criou o processo de aprimoramento contínuo da TOC, que tem sempre como orientação a meta global da organização, que é ganhar dinheiro hoje e sempre, sendo composto por cinco etapas:

- Identificar a restrição do sistema: todo sistema possui uma ou poucas restrições que definem e limitam o desempenho do sistema como um todo, sendo necessária, portanto, sua identificação.
- Explorar a restrição do sistema: explorar a capacidade máxima da restrição de forma a maximizar seu Ganho. Ganho aqui pode ser entendido como a taxa de agregação de valor pelo sistema. Tal definição será retomada na sequência desta seção.
- Subordinar tudo à restrição acima: sincronizar todos os outros recursos de forma que trabalhem no mesmo ritmo da restrição.
- Elevar a restrição do sistema: nesta etapa é verificado se a exploração da restrição foi suficiente, caso contrário, poderá ser decidido romper com a restrição adquirindo novas tecnologias ou metodologias.
- Retornar ao primeiro passo, mas sem deixar que a inércia se torne a restrição do sistema: para um processo de melhoria contínua, é necessário que a organização não se deixe dominar pela inércia, evitando que isso se torne uma restrição.

Ao reavaliar continuamente o sistema e seu processo se obtém um ciclo de melhoria, conforme se observa na Figura 6.

Figura 6 - Ciclo de melhoria contínua pela metodologia dos cinco passos



Fonte: Sabbadini (2005, p. 65).

Para Schragenheim e Dettmer (2001), um aspecto que pode prejudicar o processo de subordinação refere-se ao receio que as pessoas têm em parecer

ociosas, uma vez que, segundo este princípio, qualquer recurso não restritivo deve operar no ritmo da restrição. Este tipo de comportamento ocorre devido aos indicadores de desempenho voltados à otimização local utilizado pelas empresas que acaba por esconder as chamadas capacidades protetivas existentes em recursos não restritivos.

Finalmente, o terceiro ramo contempla o Processo de Raciocínio da TOC, que agrega o uso dos diagramas ECE – Efeito Causa-Efeito, o processo de auditoria ECE e a metodologia de dispersão das nuvens. Basicamente, é um processo de análise e solução de problemas, que atua como auxiliar na identificação e remoção das restrições (COX III; SPENCER, 2002).

As ferramentas dos Processos de Raciocínio são um conjunto codificado de cinco ferramentas baseadas na lógica de necessidade ou de suficiência que permitem aos gestores analisar situações problemáticas e para identificar, melhorar e programar soluções “ganha-ganha” adequadas à situação. Estas ferramentas de pensamento e de representação podem ser usadas em qualquer contexto: indústria, serviços, vida pessoal ou profissional. Elas ajudam qualquer gestor a abordar as questões de gestão da mudança: "O que mudar?", "Para o que mudar?" e "Como causar a mudança acontecer?" (MABIN; BALDERSTONE, 2003).

Kendall (1998) explica da seguinte forma estas ferramentas:

- Árvore da realidade atual (ARA): Descreve uma realidade por meio de relações de causa e efeito, mostrando como os muitos efeitos indesejáveis se originam de poucas causas-raízes, normalmente condições de contorno físicas, conflitos não resolvidos ou pressupostos errôneos, que serão foco dos esforços de melhoria;
- Árvore da realidade futura (ARF): Identifica a transformação necessária, projeta suas decorrências, prevê e previne novos problemas que podem decorrer da mudança;
- Diagrama de dispersão de nuvem (DDN): Explicita os pressupostos de uma situação conflituosa, mostrando por que o problema em foco não foi ainda resolvido. Ele permite que se verifique que pressuposto errôneo gera o conflito e possibilita o surgimento de uma ideia nova e transformadora em relação à situação em análise;
- Árvore de pré-requisitos (APR): Identifica os obstáculos que podem impedir que se atingisse um objetivo, criando objetivos intermediários no

caminho da solução definitiva e sugerindo um plano de ação para que se atinja a realidade projetada pela ARF;

- **Árvore de transição (AT):** Cria uma sequência lógica e temporal de ações e transições dos estados que serão alcançados até o objetivo final, constituindo-se em um plano de ação que pode ser detalhado até o nível que se queira.

Basílio *et al.* (2008) relatam que para saber se a organização está se aproximando de sua meta com as ações que ela promove, é necessário que se estabeleça um sistema de avaliação de desempenho dessas ações, capaz de refletir o grau com que a empresa vem alcançando sua meta. Para isso, a TOC propõe um pacote de medidas que, em conjunto, realizam essa avaliação. Esse pacote se divide entre os indicadores de ganho, inventário e despesas operacionais, na decisão sobre o mix de produtos e também nos indicadores de ganho dólar/dia e inventários dólar/dia.

Goldratt (1991) idealizou três perguntas básicas e as transformou em três medidas de desempenho:

- **Ganho (G):** Quanto dinheiro é gerado pela empresa?
- **Inventário (I):** Quanto dinheiro é capturado pela empresa?
- **Despesa Operacional (DO):** Quanto dinheiro a empresa deverá desembolsar para operá-la?

Na TOC, os custos de mão-de-obra direta não são deduzidos das vendas quando se calcula o G, pois não se considera a mão-de-obra direta como um custo totalmente variável, e sim como DO. O custo totalmente variável é o custo que varia quando uma nova unidade de produto é fabricada, na maioria das vezes só é computada a matéria-prima (COLLATTO; REGINATO, 2005).

A proposta de Goldratt (1991) para a tomada de decisão sem a determinação de custos baseados em rateios enfoca o assim chamado mundo dos ganhos, rejeitando a determinação de custos. Ele critica o fato dos gerentes das empresas, por muitos e muitos anos, administrarem suas empresas enfatizando o por ele chamado mundo dos custos. Rejeita os rateios/direcionadores dos custos fixos, clamando ser impossível distribuí-los corretamente. Explica que para a determinação dos preços não é preciso conhecer os custos dos produtos - os preços são determinados pelo mercado.

Rahman (2002) afirma que a implantação contínua de melhorias moverá as restrições de dentro da fábrica para o mercado. Significa dizer que o mercado tende a ser a restrição predominante ao longo do tempo. Aumentar o Ganho, reduzindo simultaneamente o Inventário e a Despesa Operacional deveria ser o objetivo de qualquer empresa (SOUZA, 2005).

### 2.3.2 O sistema TPC clássico

Os sistemas de produção precisam de um ponto de controle, como forma de controlar o fluxo do produto no sistema. Se há um gargalo, então esse é o ponto a ser controlado. A TOC estabeleceu um sistema de controle chamado Tambor, Pulmão e Corda (TPC). Slack, Chambers e Johnston (2009, p. 443) explicam essa abordagem de programação:

O centro de produção gargalo torna-se o **tambor**, dando o ritmo para o restante da fábrica. Esse ritmo determina a programação de setores não gargalo, puxando o trabalho (**a corda**) de acordo com a capacidade do centro de trabalho gargalo, e não de acordo com a capacidade do próprio centro de trabalho. Nunca deveria ser permitido a um gargalo trabalhar em ritmo menor que sua capacidade máxima; conseqüentemente, estoques de proteção (**pulmão**) deveriam ser colocados antes do gargalo, de modo a garantir que ele nunca pare por falta de trabalho.

Nesse sentido, os processos de programação baseados na TOC permitem liberar na quantidade e momento adequados os materiais para cada um dos recursos de produção. O TPC permite a manutenção do fluxo de materiais em todo o sistema, protegendo a restrição da ociosidade por falta de materiais e limitando a quantidade de materiais em processamento no sistema (BASILIO *et al.*, 2008).

De acordo com Santos *et al.* (2008), o TPC identifica o gargalo (Tambor) e subordina o ritmo de produção de todos os demais recursos a ele. O programador deve ter muito claro qual é o gargalo do sistema criando para ele um mecanismo de proteção, pois o tambor não pode parar. Pela TOC, uma destas operações será o gargalo que limita a capacidade da fábrica e pode-se afirmar que a capacidade máxima do sistema é igual à capacidade do recurso com menor capacidade de produção. Em outras palavras, o Tambor é a restrição, pois é ela quem determina o passo de toda a linha.

O Tambor é baseado nas informações do que o mercado quer, em termos de quantidades e prazos desejados. É chamado de “tambor porque determina a batida ou passo da operação inteira” (CHAKRAVORTY; ATWATER, 2005).

O tambor deve operar 100% do tempo. Para evitar interrupções, é recomendável a criação do pulmão, garantindo a existência permanente de material à frente do RRC. Outra recomendação é limitar as vendas em 97 a 98% da capacidade do tambor, para permitir que, caso haja uma interrupção deste, ainda exista uma possibilidade de recuperação. Com isso, as datas de entrega são preservadas (SOUZA, 2006).

Na visão de Schragenheim e Dettmer (2001), o pulmão está mais relacionado com o tempo de produção, ou seja, a produção dos materiais é planejada para ocorrer antes do início das operações do tambor, podendo assim definir o pulmão como um mecanismo de proteção contra o desperdício de capacidade do elemento restrição. Dessa forma, esta proteção ocorre na medida em que um pulmão de trabalho é posicionado imediatamente antes do elemento restritivo de modo a mantê-lo sempre ativo.

Segundo Souza (2006), o Pulmão é o mecanismo de tempo usado para proteger a restrição contra interrupções. Essa proteção é criada liberando o material no processo para que chegue à frente da restrição com alguma antecedência de tempo. O pulmão tem a finalidade de manter a restrição ocupada. Sempre que possível, é expresso em tempo – é o estoque por tempo de segurança, ao invés de quantidade de peças.

Schragenheim e Dettmer (2001) explicam que o TPC cria um anteparo contras as variações internas e as incertezas externas. A Figura 7 aponta os três tipos de pulmões do TPC:

- Pulmão de Expedição (ou de Mercado): É a estimativa do *lead time* de manufatura desde o RRC até a data de entrega de um pedido. Caso não haja um RRC envolvido na cadeia, o pulmão de expedição se torna o *lead time* desde a entrada de matéria-prima até se completar o produto.
- Pulmão do RRC: É a estimativa do *lead time* de manufatura entre o ponto de entrada de matéria-prima e o RRC. Este pulmão considera essencialmente o tempo que o estoque de material em processo levará para se deslocar do ponto de entrada de matéria-prima até ponto em que ele ficará aguardando ser processo pelo RRC.

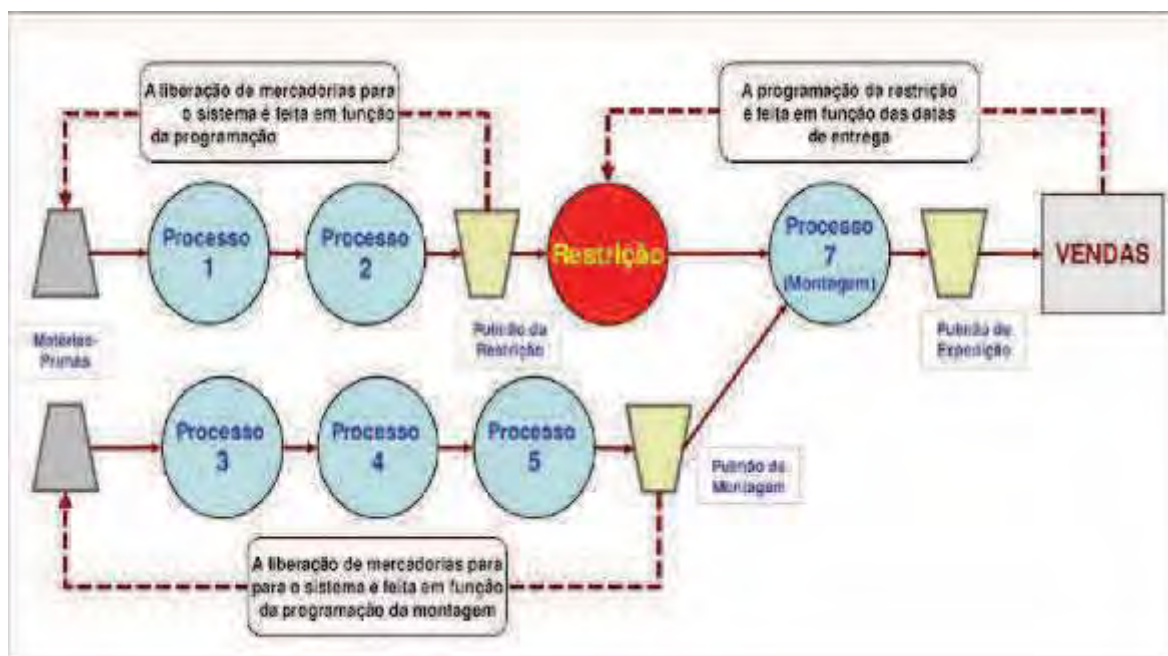
- Pulmão de Montagem: É a estimativa do *lead time* de manufatura entre o ponto de entrada de matéria-prima e o ponto de montagem de itens RRC com itens de recursos não restritivos.

A Corda é a liberação do material para os recursos não gargalos que alimentam os gargalos, de acordo com a quantidade de peças necessárias. Segundo Umble e Umble (2006), o propósito da corda é assegurar que todos os recursos não gargalos sejam sincronizados de forma a manter o passo do trabalho do recurso gargalo.

O ritmo do tambor governa os recursos não restritivos posteriores, valendo a “regra do papa-léguas”<sup>3</sup>. Como estes recursos têm mais capacidade do que o tambor, eles conseguem cumprir esta regra.

A Figura 7 representa esta estrutura, segundo a qual a programação da restrição é feita em função das vendas. A liberação dos materiais para o sistema ocorre em função do tamanho dos pulmões. O tamanho dos pulmões é definido em função da variabilidade e capacidade existente nos processos anteriores.

Figura 7 - Estrutura do tambor-pulmão-corda



Fonte: Basílio *et al.* (2008, p. 5).

<sup>3</sup> Havendo serviço, corra o mais que puder; não havendo, fique parado (GOLDRATT, 1999 *apud* SELLITTO, 2005).



### 2.3.3 O gerenciamento do pulmão

Considerando que o pulmão é a proteção colocada antes do recurso restritivo, seu gerenciamento é o mecanismo adequado para cobrir as flutuações de desempenho da produção e permitir a investigação das causas dos desvios. A comparação entre o pulmão planejado e o pulmão real indica as faltas, causadas por interrupções de fluxo a montante do pulmão. Rastreando-se o processo, descobre-se o que falhou na alimentação do pulmão e planeja-se uma ação corretiva, de modo a que o problema não se repita.

Souza (2006) resume os objetivos do gerenciamento dos pulmões:

- Planejar a agilização quando a programação de uma restrição estiver com algum risco;
- Acionar a agilização quando a programação de uma restrição estiver em alto risco;
- Recomendar ações para aumentar/diminuir pulmões;
- Recomendar ações de melhoria de médio prazo;
- Identificar a existência de novos recursos restritivos interagindo com as restrições (perda de capacidade protetiva).

A técnica de Gerenciamento de Pulmão é usada para gerenciar a quantidade de proteção necessária para os RRCs e para controlar os recursos dentro da planta. Essa técnica também faz parte do processo de melhoria contínua, no sentido de reduzir *lead time* e de aumentar capacidade se necessário. Os pulmões têm o objetivo de proteger a operação contra *Murphy*<sup>4</sup> ou contra as variabilidades internas dos processos. Por isso, é preciso encontrar uma maneira sistemática de saber quando e quais ajustes devem ser feitos na programação, de forma a manter o tambor no ritmo da demanda. Este acompanhamento é mais importante do que manter cada departamento operando com eficiência máxima. Nesse sentido, Cox III e Spencer (2002) e Umble e Umble (2002) explicam que o Gerenciamento do Pulmão divide os pulmões em três zonas, geralmente do mesmo tamanho, para facilitar o controle e a tomada de decisão. A tendência é que os pedidos a serem processados pelo RRC ocupem estas zonas à medida que o pulmão desempenha seu papel. Portanto, estas zonas são as seguintes:

---

<sup>4</sup> Lei de Murphy (2010, p.1): “Se alguma coisa pode dar errado, dará. E mais, dará errado da pior maneira, no pior momento e de modo que cause o maior dano possível.”.

- Zona Verde: corresponde ao primeiro terço do pulmão, isto é, uma ordem de produção estará nesta zona quando um terço ou menos do pulmão de tempo se passou e a ordem não alcançou seu destino (o destino aqui pode ser o RRC se o pulmão em referência é o pulmão do RRC ou a expedição, se se referir ao pulmão de Expedição). Quando o pedido está frequentemente posicionado nesta zona é sinal de que o nível do pulmão está alto, portanto, uma tentativa de redução seria aconselhável.
- Zona Amarela: esta zona corresponde a penetrações equivalentes a uma faixa de um terço a dois terços do pulmão. Pedidos frequentemente encontrados nesta zona costumam sinalizar que os níveis dos pulmões estão adequados. Porém, é preciso constante observação para evitar que reduções não planejadas de estoques esgotem os mecanismos de proteção do sistema.
- Zona Vermelha: esta zona corresponde a invasões de mais do que dois terços do pulmão. A penetração frequente de pedidos nesta zona indica níveis de pulmões muito baixos. Esta situação deve servir de alerta, pois há uma ameaça à proteção do sistema. Portanto, ações devem ser implementadas para recompor o pulmão bem como medidas corretivas para redefinir o nível do pulmão quando a frequência de penetrações na zona vermelha torna-se alta.

Segundo Schragenheim e Dettmer (2001), a zona vermelha deve servir como um mecanismo preventivo de proteção ao planejamento estabelecido. O fato de um pedido ter penetrado na zona vermelha implica que há um grande risco de não atendimento do prazo deste pedido. Porém, há ainda tempo suficiente para que ações sejam tomadas antes que um dano maior ocorra (não cumprimento do prazo em ambientes MTO ou desabastecimentos em ambientes MTS).

#### **2.3.4 O sistema TPC-S**

Schragenheim e Dettmer (2001) propuseram um novo método chamado TPC Simplificado, destacando algumas dificuldades na aplicação do método tradicional, como segue:

- Difusão do Pulmão de Tempo: Programar três pulmões protege os pontos específicos a que eles se destinam, enfraquecendo a proteção global.

- Acréscimo de Pulmão de Tempo: Além de aumentar o *lead time* acima do que é estritamente necessário, três pulmões pode também criar conflitos entre diferentes pulmões dificultando o controle da produção.
- Estabilidade da Programação: No TPC tradicional, a programação pode sofrer alterações em função da mobilidade dos pedidos dos clientes. Se novos pedidos forem aceitos, é necessário revalidar os pedidos determinando se as datas de entregas assumidas podem ser cumpridas.
- Pulmão Excedente: Se a ideia principal dos pulmões é acumular máxima proteção nos pontos fracos, parece fazer sentido existir apenas os pulmões de mercado e do RRC, mas não um pulmão de montagem.
- Padronização de tamanho dos pulmões: A utilização do método tradicional TPC tende a fazer com que os pulmões tenham o mesmo tamanho.
- Ordens de Trabalho: No TPC tradicional, o uso de ordens de trabalho é desencorajado em algum grau. Ele permite e encoraja o fluxo livre de material pela fábrica, mas aos estoques em processos não são designadas específicas ordens de produção.

Para Schragenheim e Dettmer (2001), o TPC-S está baseado nas seguintes premissas:

- A demanda de mercado deve ser sempre a restrição do sistema: Uma restrição interna pode interagir com a demanda de mercado, mas na maioria dos casos a restrição é temporária. Os RRCs normalmente comprometem o desempenho do sistema em momentos de picos da demanda, não ocorrendo sempre. Nos momentos de pico de demanda, atender as necessidades específicas de um cliente é sempre importante em relação ao alcance da meta da empresa. Isto significa que a demanda de mercado deve ser sempre considerada uma restrição do sistema.
- Excesso de capacidade deve ser adicionado aos recursos restritivos: Quando um RRC fica sobrecarregado, a tendência é que as datas de entrega fiquem comprometidas com significativo risco à lealdade e satisfação do consumidor. Isto implica que a restrição mercado está sendo insatisfatoriamente explorada, prejudicando a geração de ganho no curto e no longo prazo.

Schrageheim e Dettmer (2001) definem os seguintes princípios para o método:

- Subordinar o sistema ao Mercado: Para que a demanda de mercado seja a única restrição do sistema, a organização deve possuir excesso de capacidade em todo o sistema na maior parte do tempo.
- Desenvolver capacidade protetiva em toda parte: Os recursos precisam de capacidade protetiva para atender às mudanças na demanda e para proteger as necessidades do RRC. O RRC, por sua vez, também deve ter capacidade protetiva em relação à restrição mercado.
- Orientar o MPS pela demanda: O MPS (*Master Production Schedule*) deve ser orientado pelos compromissos da empresa com o mercado.
- Considerar como ordens de trabalho apenas as entregas completas de produto: Toda entrada de ordem de trabalho no MPS deve ser equivalente a uma entrega completa de produto.
- Balanceamento das necessidades de mercado com a capacidade do RRC: O planejamento da exploração é o processo de balancear as necessidades do mercado com a capacidade do RRC. No TPC-S, isto é feito monitorando-se a carga no RRC e assegurando que se tenha suficiente capacidade para satisfazer todas as datas prometidas.
- Pulmão único: O método de TPC-S usa apenas um pulmão – o pulmão de mercado, que passa a se chamar de pulmão de produção. Em ambientes MTO, o *lead time* estabelecido para os clientes deve ser igual ou um pouco maior que o pulmão de mercado. Isto estabelece um limite inferior para o *lead time* cotado. O pulmão de mercado consiste no tempo que a matéria-prima leva do ponto de entrada até o ponto de entrega, incluindo os *setups*, a duração dos processos, tempo de movimentação e de filas, além de um calço contra variações.

Sua implementação deve compreender as seguintes etapas (SCHRAGENHEIM; DETTMER, 2001):

- Programar as políticas necessárias para subordinar o sistema às necessidades de mercado: As medidas que estimulam as eficiências locais devem ser eliminadas; devem ser usados pequenos lotes de

produção; a transferência de material em processo entre as estações deve ser feita por intermédio de lotes tão pequenos quanto práticos.

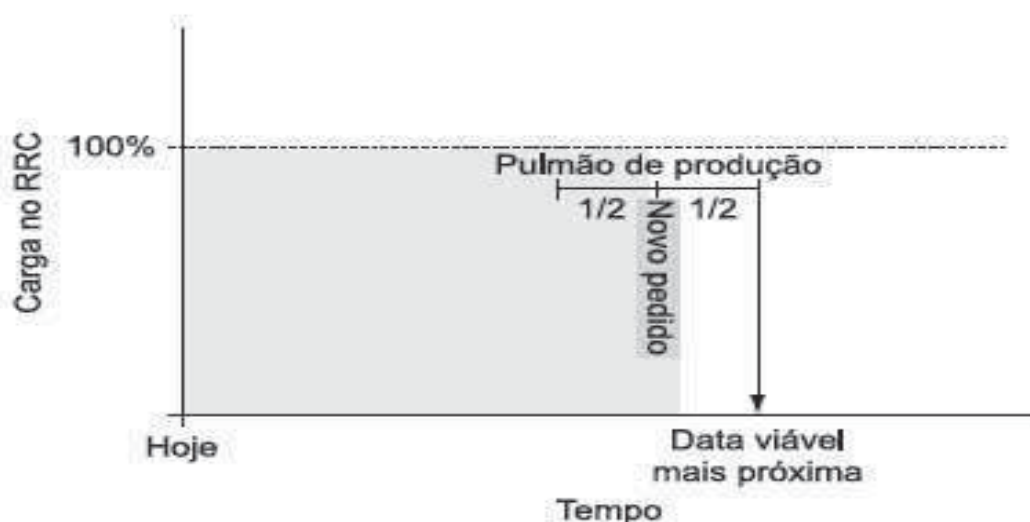
- Estabelecer uma coordenação bastante próxima entre vendas, marketing e produção: Produção e Vendas devem chegar a um consenso sobre o melhor mix de produção e dinamicamente verificar a factibilidade das datas de entrega.
- Identificar o RRC: Se o processo produtivo está completamente carregado, deve-se procurar por um RRC que esteja ativo. Em caso contrário, deve-se determinar qual recurso atingirá a carga total primeiro, se a demanda aumentar.
- Determinar o tamanho do pulmão de mercado: Produtos com características diferentes de produção devem ter pulmões com tamanhos diferentes.
- Determinar a zona vermelha: A zona vermelha não deve mudar com tanta frequência. Ela não deve ter uma proporção fixa em relação ao pulmão. Uma mudança no pulmão de mercado não significa necessariamente alterar a zona vermelha. Contudo, se o pulmão de mercado sofrer alterações da ordem de 50%, a zona vermelha deverá ser ajustada.

Para Schragenheim, Dettmer e Patterson (2009), outro mecanismo de controle do TPC-S se faz necessário, recebendo o nome de Carga Planejada. Ela é definida como o acúmulo de carga no RRC resultante de todos os pedidos firmes que precisam ser entregues dentro de certo horizonte de tempo. Para saber se um gargalo está emergindo, compara-se a carga planejada no RRC (em horas) imposta pelos pedidos a serem entregues dentro de um determinado horizonte de tempo com a quantidade de horas de trabalho permitidas pelo próprio horizonte de tempo (SOUZA; BAPTISTA, 2010).

Por exemplo, se uma empresa trabalha oito horas por dia e o horizonte de tempo em análise é de cinco dias, deve-se comparar a carga planejada do RRC com as 40 horas de trabalho permitidas neste horizonte. Se todos os pedidos a serem entregues nos próximos cinco dias impõem uma carga sobre o RRC de 25 horas, não há porque suspeitar da existência de um recurso gargalo ao se observar este horizonte de planejamento. Esta informação é geralmente suficiente para gerar um aviso de um problema potencial, como o surgimento de um gargalo, muito antes da informação fornecida pelo GP, permitindo ações remediadoras com mais

antecedência (SOUZA; BAPTISTA, 2010). A sequência de trabalho não é importante neste cálculo. Na frente da carga, à direita, coloca-se o tempo de processamento correspondente ao novo pedido. Contando-se meio pulmão de produção antes deste momento, obtém-se a data de liberação do pedido/ordem para produção. Contando-se meio pulmão de produção após este momento, obtém-se a data viável mais próxima para a qual se pode prometer a entrega. Qualquer data desta em diante é viável (SCHRAGENHEIM; DETTMER; PATTERSON, 2009). A Figura 8 ilustra essa situação:

Figura 8 - Data viável de entrega em função da carga de trabalho no RRC.

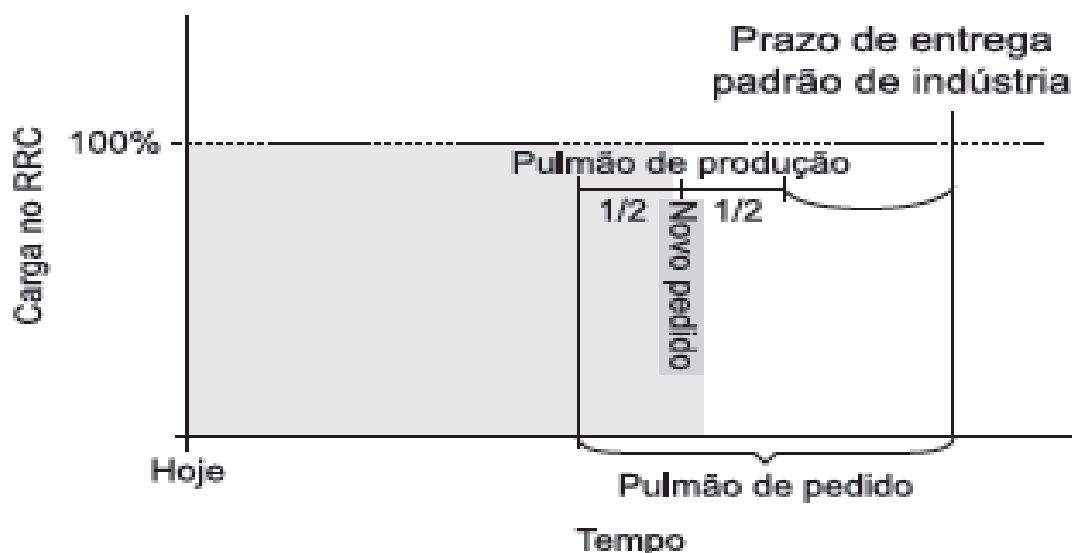


Fonte: Souza e Baptista (2010, p. 742).

Caso o prazo padrão (*lead time* do setor) de entrega seja substancialmente maior que esta data (Figura 9), a empresa possui então um nível de capacidade protetiva que lhe permite a oportunidade de segmentar os clientes por grau de urgência e cobrar de acordo com esta. Pode-se notar que o pulmão de produção foi ampliado para que o pedido seja prometido e entregue em uma data de acordo com o prazo de entrega padrão da indústria. Com isso, cria-se um pulmão específico deste pedido, denominado de pulmão de pedido, que pode ser diferente de todos os demais, mas segue a mesma lógica de prioridades e de liberação de materiais. Este pedido terá mais tempo na região “verde” do seu pulmão, portanto, dará chance a outros pedidos, os quais podem estar nas regiões “amarela”, “vermelha” ou “preta”, para o ultrapassarem. Esse procedimento apresenta duas vantagens: não desperdiça a capacidade do RRC, pois, se não houver pedidos mais prioritários, este pedido mantém o RRC em funcionamento; e mantém as prioridades corretas, não

deixando outros pedidos mais prioritários para trás, já que este pedido demora mais para trocar de cores. A data de liberação de material continua sendo, portanto, a carga planejada menos meio pulmão de produção (GOLDRATT, 2008 *apud* SOUZA e BAPTISTA, 2010).

Figura 9 – Estendendo a data de entrega viável



Fonte: Souza e Baptista (2010, p. 742).

### 2.3.5 O sistema TPC-S aplicado em ambientes de produção para estoque

Para Schragenheim (2010), dois parâmetros diferentes são normalmente considerados na avaliação de planejamento da produção em ambientes MTS. Uma delas é a determinação da quantidade a ser produzida e a outra é a fixação da data para o chão de fábrica completar a produção. Riezebos *et al.* (2003) sugerem que os *lead times* devem ser reduzidos para que seja possível atender o tempo de espera dos clientes.

A abordagem de produção para disponibilidade (*make to availability* – MTA) emergiu do MTS com um significado operacional diferente, acrescentado da mensagem de marketing: “Nós nos comprometemos com nosso mercado escolhido em oferecer uma perfeita disponibilidade de um grupo de produtos finais específicos de um determinado armazém” (GOLDRATT, 2010 p. 239).

Segundo Schragenheim (2010), o objetivo do MTA é oferecer uma nova oportunidade de negócio com base em fornecer um valor extra para os clientes na forma de prazos garantidos, cuja oferta os concorrentes encontrarão dificuldade em imitar. Este objetivo tem dois elementos críticos. O primeiro elemento seria a

mensagem de marketing, a definição do mercado-alvo, os itens que ele inclui e, possivelmente, também alguma limitação em termos de garantia de disponibilidade em casos de demandas pontuais (*one-time demand*). O segundo é o elemento operacional. Uma vez assumido um compromisso, a produção deve se planejar para cumprir esse compromisso.

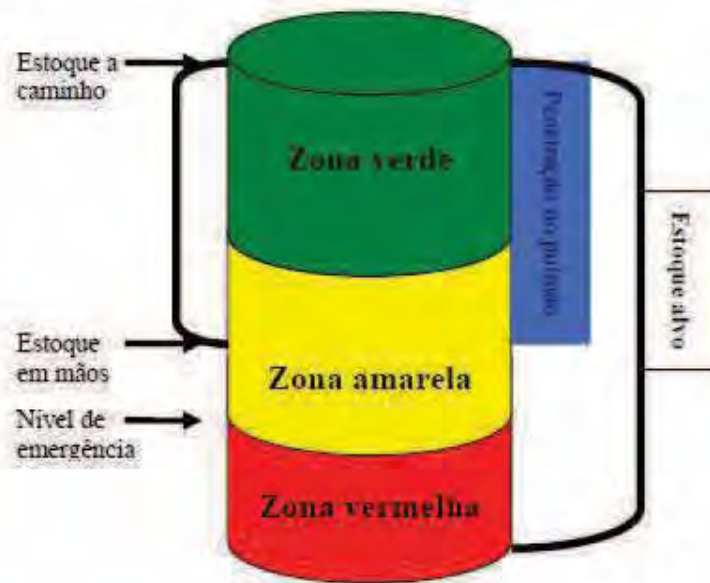
Certamente qualquer caso de MTA requer MTS, a menos que a produção possa ser feita em poucos segundos. No entanto, muitos casos de MTS não são MTA. Esses casos acontecem cada vez que não há nenhum compromisso concreto com a disponibilidade (SCHRAGENHEIM, 2010).

MTA é uma declaração geral do produtor no sentido de prover imediato fornecimento sempre que necessário. A TOC sugere cinco princípios gerais para se garantir disponibilidade com baixos riscos de se manter estoques altos ou baixos (SCHRAGENHEIM, DETTMER e PATTERSON, 2009):

- Estoque e tempo de reabastecimento são fortemente correlacionados: Tempos curtos (ou rápidos) de reposição necessitam de estoques significativamente menores para assegurar disponibilidade e evitar perda de vendas. Inversamente, quanto mais longo o tempo de reposição dos estoques de produtos acabados, maior é o volume de produtos acabados para manter a disponibilidade.
- Estoque em processo suplementa a proteção da disponibilidade: A razão por detrás deste princípio é que, ainda que o estoque em processo (WIP) não esteja instantaneamente disponível para os clientes, parte dele está “quase concluído”. Portanto, uma maneira simples e efetiva para assegurar disponibilidade é manter alguma quantidade fixa de estoque, tanto na forma de produto acabado quanto “a caminho”. A essa quantidade dá-se o nome de estoque alvo. Há cinco parâmetros na definição do estoque alvo: a taxa de consumo, a variabilidade do consumo, a média do tempo de reposição, a variabilidade de tempo de reposição e o nível de serviço desejado. A Figura 10 ilustra a ideia de estoque alvo.



Figura 10 - Estrutura do estoque alvo



Fonte: Schragenheim (2010, p. 247)

- Amanhã será semelhante à hoje: Esta é base das previsões de curto prazo. Ele não é verdadeiro apenas para a demanda, mas também para a combinação demanda e fornecimento. A cada dia, a lista de necessidades de reposição é checada. Cada necessidade obtém uma prioridade de liberação baseado em seu status do pulmão. O status do pulmão para liberar uma ordem é assim calculado:  $[(\text{Estoque Alvo} - \text{estoque em mãos} - \text{ordens de produção abertas}) * 100 / \text{Estoque Alvo}]$ . Ao se levar em consideração esse princípio e o anterior, conclui-se que sempre que a quantidade de estoque em processo somada com a quantidade de estoques em mãos estiver inferior ao estoque alvo, uma ordem de reposição deve ser disparada.
- O Status de estoque de acabados dita as prioridades no chão-de-fábrica: As prioridades são estabelecidas pelo esquema de cores determinado pelo GP: verde - Estoque de acabados é  $\geq 2/3$  ou mais do nível alvo; amarelo - Estoque de acabados está entre  $2/3$  e  $1/3$  do nível alvo; vermelho - Estoque de acabados é menor que  $1/3$  do nível alvo. A região vermelha é também chamada de nível de emergência.
- Estagnação é indesejável: Ainda que se possa esperar que diferentes itens estejam nas zonas vermelha ou verde de tempos em tempos, permanente residência em qualquer das situações por muito tempo é um

sinal que o nível alvo necessita de ajuste. Quando um produto penetra regularmente no nível de emergência, o nível alvo está muito baixo. Quando o estoque em mãos não cruza o nível de emergência por muito tempo, significa que o nível de alvo é muito alto. Assim, cada penetração no nível de emergência deveria ser registrada para análises periódicas.

Após a definição dos seus cinco princípios, Schragenheim, Dettmer e Patterson (2009) apresentam o procedimento para operar um sistema de produção no modo MTA. Esse procedimento é formado por quatro passos, quais sejam:

- Definir os níveis iniciais de estoque alvo: O nível alvo de estoque a ser mantido em cada ponto de armazenagem do sistema (na fábrica, nos armazéns regionais, nos pontos de venda etc.) em um modo MTA deve cobrir a demanda média durante o tempo de reposição mais um estoque de segurança, tanto para proteger adequadamente possíveis picos de demanda, quanto eventuais atrasos nas ordens de reabastecimento. Para que o resultado da aplicação deste conceito permita um nível baixo de estoque, o tempo de reposição deve ser o mais curto possível (SCHRAGENHEIM, 2002). Outra maneira de expressar este conceito é que o estoque alvo deve equivaler à máxima demanda dentro de tempo de reposição médio multiplicado por um fator de incerteza (SCHRAGENHEIM; DETTMER e PATTERSON, 2009).
- Gerar a ordem de produção: Após a definição do nível alvo de estoque, cabe à produção mantê-lo sempre constante no sistema. Isso significa que sempre que o estoque total de qualquer item, isto é, o estoque de produtos acabados mais as ordens de produção em aberto desse item estiverem abaixo do nível alvo, uma nova ordem deverá ser imediatamente gerada, preferencialmente no tamanho exato para cobrir a diferença entre o estoque total atual e o nível alvo de estoque daquele item.
- Gerenciar o pulmão: Em ambientes de produção para estoque, a principal proteção é o estoque de produtos acabados disponíveis. Neste caso, esgotar os pulmões significa ter estoque em mãos em níveis muito baixos, de modo que pudesse ser esgotado antes que

qualquer ordem de reposição chegasse. Esse nível de emergência, às vezes chamado de "nível de linha vermelha" ou "zona 1", representa uma exceção que deve desencadear a ação de aceleração ou apressamento. Quando o estoque em mãos fica abaixo do nível de emergência, devem ser feitos esforços para acelerar a conclusão das ordens de produção referentes a esse item, o mais rápido possível (SCHRAGENHEIM, 2002). Para o autor, as zonas do pulmão (ou estoque alvo) devem seguir o padrão visto para ambientes MTO, isto é, o nível de emergência é um terço (33 por cento) do nível de reposição. O tamanho do nível de emergência deve obedecer a dois critérios: 1) As ações restantes devem deixar um tempo suficiente para acelerar o fluxo do estoque em processo e, assim, alcançar o estoque de produtos acabados a tempo. Se este não for o caso, o nível de emergência deverá ser maior, o que pode, também, ter um impacto semelhante no nível de reposição; 2) A frequência de cruzamentos do nível de emergência não poderá ser alta nem muito rara. Se isso não ocorrer, o nível de reposição deve ser alterado.

- Manter os corretos níveis de estoque alvo: O número e a intensidade das ocorrências em um período de tempo demonstram a eficácia dos níveis de reposição e de emergência. Schragenheim (2002) ilustra este conceito. Suponha um produto X cujo estoque em mãos ficou abaixo do nível de emergência por 10 dias ("no vermelho") no mês anterior. Supondo que o mês tenha 22 dias úteis, então, 10 dos 22 dias em emergência é um fato bastante substancial. A reação deverá ser a de aumentar o pulmão (o nível de reposição). Para o autor, o pulmão não deveria ser aumentado num percentual pequeno, mas sim, deveria ser algo em torno de 25%. Uma situação inversa também é verdadeira. Quando o estoque em mãos do produto Y não penetra nem mesmo uma vez a "linha vermelha" (o nível de emergência), e também não cruza a zona amarela do pulmão, então uma redução do estoque alvo em 25% se faz necessária.

## 2.4 SOFTWARES DE ENSINO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

O uso de práticas alternativas de ensino vem se ampliando cada vez mais nas escolas, independente do nível e do tipo de curso. Ben-Zvi (2007) destaca o uso de *softwares* como uma ferramenta para testar o aprendizado da teoria fornecida em sala de aula, conectar a teoria com a aplicação e desenvolver novas visões teóricas sobre o assunto.

Assim, a simulação se torna uma ferramenta importante, pois decisões de grande impacto podem ser testadas em um ambiente similar ao real, evitando perda e retrabalho de peças em caso de falhas na decisão, mudanças desnecessárias de *layout* e perda de outros importantes recursos, como tempo, energia e insumos diversos.

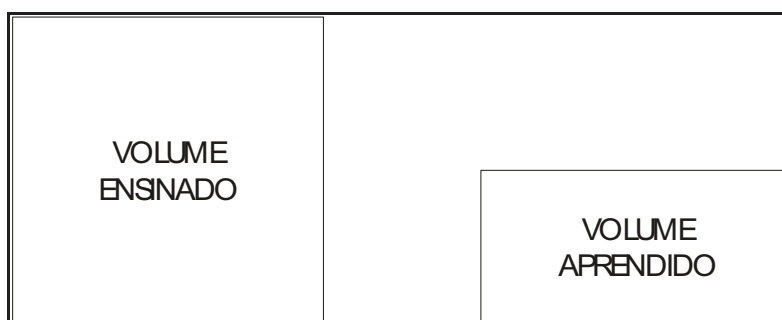
Nessa seção é discutida a utilização de simuladores na educação, o surgimento dos *softwares* de ensino e as críticas sobre utilização desse método de ensino e no final são analisados os principais *softwares* utilizados para o ensino de engenharia de produção.

### 2.4.1 Utilização de simuladores na educação

Ensinar não depende tanto do conteúdo, mas dos três componentes básicos do processo: o professor, o aluno e o assunto (ou conteúdo programático). O assunto será trabalhado pelo professor de tal forma que o aluno irá atuar num processo crescente de descobrir os passos seguintes, sendo observado e estimulado pelo professor. O aluno está, portanto, aprendendo a aprender.

Bordenave e Pereira (1983) formularam a Figura 11 entre ensinar e aprender.

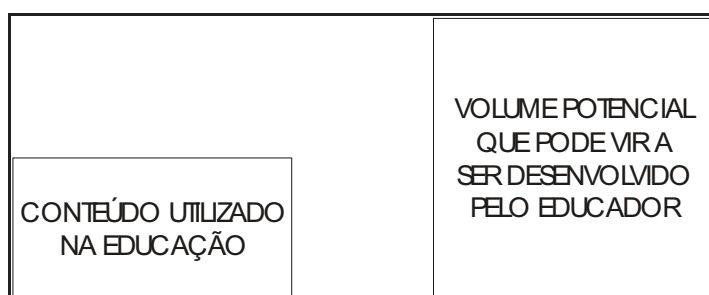
Figura 11 – Ensinar e aprender



Fonte: Bordenave e Pereira (1983).

A capacidade de que o indivíduo (aluno) é dotado para armazenar informações (objeto de ensino) é, evidentemente, limitada. Ensinar, no seu sentido mais direto, nada mais é do que transmitir volume de conhecimentos, que, aliás, é um processo falho. Essa observação leva a projetar a Figura 12, relacionado com o educar e o aprender.

Figura 12 – Educar e aprender



Fonte: Bordenave e Pereira (1983).

O professor exerce o papel mais importante no processo de ensino-aprendizagem ao qual aqui está sendo referido, pois ele é o agente encenador e o educador, que Rogers (1977) chamou de “facilitador de aprendizagem”.

Para Antônio, Werneck e Pires (2005), as formas de ensinar têm evoluído das aulas expositivas em quadro negro para o uso de métodos mais modernos, tanto na forma de ensinar quanto no uso de tecnologia. Novos métodos de ensino, além de facilitar o aprendizado contribuem para o desenvolvimento e aperfeiçoamento de cursos e disciplinas.

A união entre desenvolvimento acelerado dos meios de informação e demandas do mercado por profissionais flexíveis tem gerado discussões nas instituições de ensino com relação à forma de aprendizagem. Pensando-se nos cursos de engenharia, observa-se cada vez mais a adoção da tecnologia de informação como componente essencial para o desenvolvimento deste setor. (MASSUKADO; SCHALCH, 2007).

Blanc e Levy (1999 *apud* MASSUKADO; SCHALCH, 2007) afirmam que os docentes não podem ser mais aquelas pessoas que somente transmitem o conhecimento. O principal papel do docente hoje é orientar os alunos na seleção das informações, auxiliando-os a construir seus próprios caminhos de aprendizagem.

Os docentes de Engenharia são profissionais com formação voltada ao exercício da profissão de técnico em Engenharia; a falta de formação para o ensino acarreta na utilização de aulas expositivas, onde o aluno participa passivamente do processo de ensino-aprendizagem (BRAGA, 2001).

Dentre as diversas indicações de Rogers (1977) quanto ao papel dos facilitadores da aprendizagem, há duas que ele considera importantes para um bom relacionamento professor/aluno:

- Oferecer aos alunos um problema que eles percebem como real e significativo;
- Empregar as experiências de simulação destacando que estas servem para que os alunos pratiquem, estudem e façam e análises que os levem à tomada de decisões.

#### **2.4.2 Surgimento dos *softwares* de ensino**

A origem exata das simulações, local e época em que vieram à cena, provoca ainda hoje alguma controvérsia. Os primeiros usos de que se tem notícia dos jogos para educação e desenvolvimento de habilidades teriam ocorrido com os "Jogos de Guerra", na China, por volta de 3.000 anos A.C. com a simulação de guerra Wei-Hai e na Índia com o jogo Chaturanga. O mais elaborado dentre eles, o New Kriegspiel, teria sido criado por George Venturini, em Schleswig, já em 1978. Tais "Jogos de Guerra" evoluíram para versões de "Jogos Empresariais", tendo sido a primeira delas denominada *Top Management Decision Simulation*, desenvolvida para a *American Management Association* (SAUAIA, 1989).

Embora o histórico do desenvolvimento dos jogos de guerra não seja claro, o mais provável é que tenham se desenvolvido a partir do jogo de xadrez ou de um jogo de tabuleiro similar (COHEN e RHENMAN, 1961).

Para Santos e Lovato (2007), os primeiros simuladores de jogos empresariais consistiam em uma adaptação, para o ambiente empresarial, dos simuladores existentes na área militar. Mas foi com a evolução e a popularização dos computadores que esses simuladores tiveram um grande impulso. As novas máquinas permitiram elaborar modelos de jogos mais complexos e com alto nível de precisão. A introdução dos computadores permitiu, ainda, que os dados fossem processados com maior rapidez, tornando a técnica mais dinâmica.

Machado e Campos (2003) verificaram que a primeira aplicação de um jogo de empresas no Brasil aconteceu ainda na década de 1960 (na Escola de Administração de Empresas da Fundação Getúlio Vargas, em 1962).

De acordo com Godoy e Cunha (1997 *apud* KALLÁS, 2003), num simulador de jogos de empresas é criada uma descrição de uma empresa fictícia (com sua situação financeira, patrimonial, seu plano estratégico, seus recursos humanos e corpo gerencial, histórico e todas as informações que se julgarem pertinentes à composição do contexto e da situação-problema). Os participantes do jogo são levados a tomar decisões em rodadas sucessivas e a acompanhar os resultados das suas decisões. Esses simuladores são normalmente suportados por programas de computador. Eles são, então, um jogo de simulação voltado ao mundo dos negócios, que pode ser utilizado em treinamento de pessoal, no desenvolvimento de pessoal, na avaliação de potencial, em planejamento, na tomada de decisões e na formação de administradores.

Simular significa, literalmente, fingir, fazer de conta. Como técnica didática, há uma ligeira discussão em torno do seu significado ajustado para a educação. Belhot *et al.* (2001) explicam que a simulação consiste da emulação de uma situação real, a partir de um modelo, que por sua vez corresponde a uma representação simplificada da realidade. Simulação é um processo de experimentação com um modelo detalhado de um sistema real, para determinar como o sistema responderá a mudanças em sua estrutura, ambientes ou condições de contorno.

A simulação originou-se como técnica, nos estudos de Von Neumann e Ulan que aplicaram um tratamento probabilístico para resolver um problema determinístico, conhecida como Técnica de Monte Carlo. Em seu desenvolvimento, encontraram na simulação uma técnica para a solução de problemas probabilísticos, cuja solução analítica é muito mais árdua, senão impossível (TANABE, 1977).

De maneira restrita, uma simulação pode ser encarada como “uma técnica numérica para realizar experiências em um computador digital, as quais envolvem certos tipos de modelos lógicos que descrevem o comportamento de um sistema econômico ou de negócios (ou um aspecto parcial deles) sobre extensos intervalos de tempo” (TANABE, 1977).

Segundo Gramigna (2007) e Sauaia (2008), os estudantes aprendem mais e se lembram mais do que vivenciaram quando são envolvidos por uma simulação, em vez de apenas lerem um livro texto ou assistirem uma aula nos moldes tradicionais.

Outro aspecto que contribui para o desenvolvimento de novas técnicas de ensino é a crescente evolução das exigências feitas pelo mercado de trabalho aos recém-formados. Diante disso, muitas universidades têm adotado uma política diferenciada para aumentar a qualidade do ensino. Assim, nos últimos anos o uso de recursos como jogos, simulação, cenários, dentre outros, têm sido usado com sucesso para ensinar (RIIS; JOHANSEN; MIKKELSEN, 1995 *apud* ANTONIO; WERNECK; PIRES, 2005).

Lacruz (2004) afirma que *softwares* de ensino representam uma técnica educacional dinâmica desenvolvida servindo, assim, como uma ponte entre a academia, a vivência passada e o ambiente empresarial, a partir de uma representação da realidade (situações específicas da área empresarial) por meio de abstrações matemáticas; utiliza-se de técnicas de simulação (retratando condições de laboratório de uma determinada realidade, não sendo somente uma simulação da empresa, mas do mercado) e possuem componentes que traz a interatividade e o exercício em equipe.

Esses *softwares* também proporcionam o envolvimento de todo grupo (docente e discente) durante a aplicação de simuladores empresariais. Existe um comportamento sinérgico entre esses dois grupos, que tornam a aplicação de simuladores empresariais algo, dinâmico, proveitoso e até mesmo, divertido (DUGAICH, 2005).

Na visão de Gardner (1985), o modo de apresentação de determinado conteúdo pode fazer a diferença entre uma experiência educacional bem sucedida e mal sucedida. Huczynski e Johnston (2005) relataram em seu estudo que o uso de ferramentas computacionais despertou a motivação do aluno em aprender, contribuindo para o aprendizado com autonomia.

Para apresentar este tipo de aula (simulação), o professor provavelmente apresentará duas características: ser qualificado academicamente ao ponto de conseguir traduzir em apresentação didática um problema, provavelmente complexo, derivado da prática do dia a dia dos negócios das empresas e ser um professor dedicado à sua profissão, pois, antes da apresentação em sala de aula, ele deverá trabalhar profundamente o assunto e transformá-lo em linguagem didática. No tocante ao uso de *softwares* no processo ensino/aprendizagem, por meio da simulação, o aluno é inserido em determinado ambiente, que deve ser o mais próximo possível da realidade a ser encontrada (SANTOS; LOVATO, 2007).



Algumas décadas atrás, as régua de cálculo, os nomogramas e as calculadoras mecânicas eram indispensáveis em um curso de engenharia. Com o passar do tempo, as calculadoras eletrônicas substituíram tais recursos e também se tornaram indispensáveis. Atualmente, os computadores com seus *softwares* são as principais ferramentas de auxílio nas mais diversas fases do projeto de engenharia. Assim, no ensino, estas ferramentas devem estar alinhadas a estratégias que permitam ao estudante enfatizar sua maneira de aprender de maneira que possa construir reflexões e atuar sobre o conhecimento, ao invés de apenas recebê-lo passivamente (ABRAHAM, 2002).

Segundo Dávalos (2002 *apud* SILVA; MARTINS, 2008, p.4-5):

As experiências com o uso de planilhas eletrônicas, linguagens de programação, pacotes específicos e pesquisas na internet fazem com que o ensino esteja sendo considerado dentro das novas Teorias de Ensino e Aprendizagem, nas quais o aluno constitui o centro do conhecimento e o docente assume o papel de facilitador do processo de aprendizagem. Essas práticas apresentaram bons resultados, justamente por atenderem princípios como motivação, participação e personalização. O emprego desses recursos computacionais possibilitou o atendimento das práticas de laboratório e desenvolvimento de projetos, como forma de complementação do conteúdo teórico, sendo estes, normalmente, mais difíceis de serem atingidos pelos meios convencionais de ensino.

No contexto da Engenharia de Produção, *softwares* de simulação podem viabilizar esta interação educativa, funcionando como facilitadores didáticos, ou seja, como ferramentas pedagógicas para o ensino. Sua principal vantagem é a utilização de animações que promovem uma maior inteligibilidade do aluno a despeito de conceitos relativos aos sistemas produtivos em uma situação prática. (SILVA; PINTO; SUBRAMANIAN, 2007).

Massukado e Schalch (2007, p. 42) relatam:

Como benefício da utilização de simulações no ensino de engenharia destaca-se a possibilidade de os estudantes perceberem como a teoria e a prática se relacionam. Portanto, a estratégia de utilizar recursos computacionais, tais como *softwares* de simulação por grupos de alunos, torna-se interessante segundo a ótica da aprendizagem com autonomia, pois permite aos alunos explorar problemas complexos e construir seus próprios significados de forma compartilhada.

### 2.4.3. Críticas aos *softwares* de ensino

Protil e Fischer (2005) apresentaram algumas deficiências nos simuladores empresariais:

- Técnico e econômicas: custo de aquisição, treinamento e preparação de material didático; geralmente é bastante dispendioso; dificuldade de acompanhamento dos jogadores durante a simulação por demandar grande disponibilidade de tempo do educador; dificuldade de adequação ergonômica do simulador ao usuário;
- Conceituais: dificuldade em criar modelos matemáticos para representar complexos sistemas sócios técnicos. Esta limitação leva o desenvolvedor da ferramenta, na ausência de informações empíricas, a utilizar intuições e suposições próprias na concepção do modelo;
- Didático-pedagógicas: facilidade de acesso às informações para a tomada de decisões pode dar falsa impressão do grau de dificuldade e custos de aquisição destas informações no mundo real. Isto leva os jogadores a subestimarem a realidade e a assumirem riscos excessivamente altos em suas decisões e mesmo assim obter bons resultados. Portanto, os simuladores têm que ter como objetivo, além da maximização do lucro, a valorização dos processos envolvidos. Além disso, deve vir acompanhado de fundamentação teórica, o que nem sempre ocorre.

Keys e Wolfe (1990 *apud* ARBEX, 2005) encontraram as seguintes limitações à utilização dos jogos de empresas:

- Os jogos simulam um contexto de tomada de decisão organizacional, mas não o ambiente em si;
- A maioria dos participantes dos jogos nos estudos dos autores é formada por estudantes e não representa amostras significativas de pessoas ligadas profissionalmente à gestão.

Carvalho (2005) sugere cautela em utilizar novas metodologias, no sentido de fazer uma boa avaliação das vantagens e desvantagens que podem apresentar. Não desprezar o modelo lousa-giz, nem tampouco as novas tecnologias de ensino-aprendizagem que utilizam o computador. Segundo a autora, deve-se ter em mente ao se utilizar os jogos, que eles devem estimular quatro estágios – fazer/refletir/ligar conceitos/ decidir (e voltar a fazer) - de um ciclo que se repetirá constantemente na

vida dos participantes, afetando processo decisório, resolução de problemas e aprendizagem.

Proença Júnior (2003), por sua vez, afirma que a escolha de *softwares* para fins pedagógicos deve ser orientada pelo:

- Objetivo pretendido com a atividade que envolve o *software*;
- As possibilidades oferecidas pelo *software* para o exercício e treinamento do conteúdo objeto de aprendizado;
- Facilidade de acesso ao *software* (custo, tecnologia, conhecimento agregado etc.);
- A dinâmica lúdica.

#### **2.4.4 Principais *softwares* de ensino de Engenharia de Produção**

A seguir são apresentados alguns dos principais *softwares* e jogos de empresas utilizados no ensino de PCP no Brasil.

##### **2.4.4.1 *Beer Game***

O *Beer Game* (jogo da cerveja) foi desenvolvido pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT) no início dos anos de 1960 como parte de pesquisas sobre a dinâmica industrial. Ele distribui equipes de alunos para serem responsáveis pela gestão de quatro áreas da cadeia de distribuição. Os jogadores em cada nível solicitam as ordens para seus clientes, e realizam novos pedidos de cerveja com os fornecedores. Como nos negócios reais, o objetivo é manter baixos os custos da empresa, suprimindo a demanda dos clientes (STERMAN, 1992).

Este é um simulador em que o usuário tem a informação sobre a demanda do consumidor. Ele sabe que esta irá crescer na segunda semana da simulação para 15 caminhões devido a investimentos de marketing. A demanda ficará constante para as próximas semanas até o final do ano. Seu objetivo é retornar o sistema ao equilíbrio, então 15 caminhões de cerveja estarão disponíveis no estoque de produtos acabados, semana após semana. O usuário tem até 50 semanas para atingir este objetivo. O jogo engloba conceitos de administração de estoques, logística, marketing e custos. A Figura 13 mostra a tela do jogo.

Figura 13 – Tela do jogo da cerveja – versão brasileira



Fonte: BEER GAME – OGG (2011)

#### 2.4.4.2 GPCP-1 (Gestão da Produção 1)

O jogo GPCP-1 Gestão da Produção faz parte do projeto “Laboratório de Simulação de Sistemas Produtivos” (LSSP) implementado no curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) sendo composto de três módulos: GP-1, GP-2 e GP-3 (LSSP, 2011). A Figura 14 ilustra a tela do jogo.

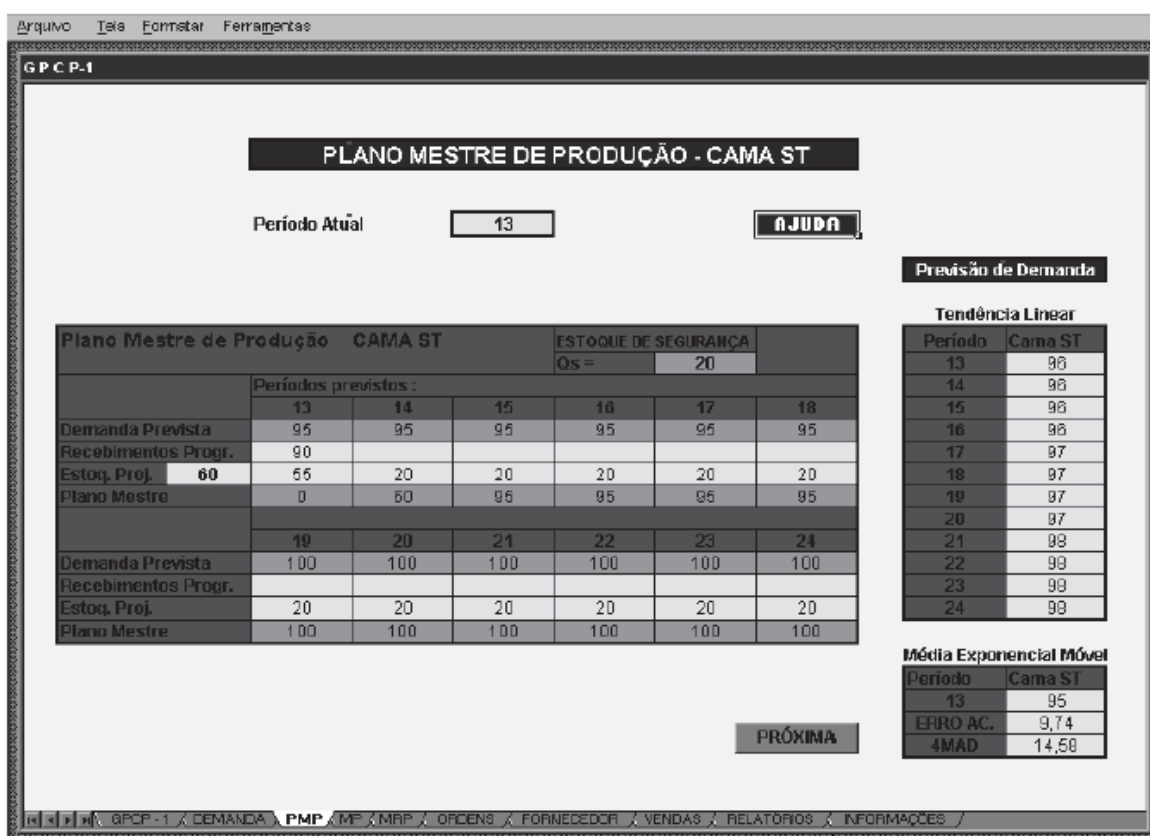
O GP-1 possibilita aos participantes a elaboração de um plano estratégico de produção bianual e sua avaliação através da simulação das decisões. A empresa do jogo é uma fábrica de móveis, que focaliza a sua produção na fabricação de camas, sendo que sua estrutura produtiva pode ser planejada estrategicamente segundo um grupo de alternativas para se adequar a demanda simulada.

O jogo GP-2 simula as atividades de planejamento e controle de produção a nível tático e operacional, em um sistema de produção “empurrado” em períodos semanais. A empresa do jogo GP-2 é a mesma fábrica de móveis, chamada Cia Industrial de Móveis, apresentada no GP-1. No GP-1 os produtos foram tratados como uma família (camas) e as decisões eram de nível estratégico (trimestrais,

totalizando dois anos). Agora, no GP-2 têm-se dois produtos distintos: as camas simples (ST) e luxo (LX), com decisões de nível tático-operacional (doze semanas de simulação, totalizando um trimestre).

O jogo GP-3 simula as suas atividades de planejamento e controle de produção a nível tático e operacional, em um sistema de produção “puxado”. Essa empresa é a mesma do jogo GP-2 que sofreu algumas modificações em sua estrutura produtiva de forma a permitir a implantação do sistema *Kanban*. Em função da formação de células de manufatura, a programação da produção deixa de ser “empurrada” e passa a ser “puxada” (LSSP, 2011).

Figura 14 – Tela do jogo GPCP-1



Fonte: Schafranski *et al.* (1999, p. 6).

Segundo Schafranski *et al.* (1999), o modelo genérico do GPCP-1 foi idealizado a partir da lógica de funcionamento básico de um sistema produtivo de manufatura: prever as vendas a partir das vendas anteriores, planejar e efetivar a produção, vender os produtos acabados e realimentar o ciclo. As atividades do modelo GPCP-1 podem ser divididas em dois grupos distintos: atividades de tomada de decisão (plano mestre de produção, estoques, ordens, etc.) e atividades de

processamento das decisões (fabricação e vendas). Esta divisão de atividades conduziu a uma divisão na implementação do jogo GPCP-1. A parte do jogo que se refere a tomada de decisões, foi desenvolvida em um *software* de planilha de dados. Já a parte que recebe as decisões, executa o processamento e devolve os resultados (simulação) foi desenvolvida em um *software* apropriado para simulação.

Possíveis perturbações que o sistema produtivo possa vir a sofrer (variações bruscas da demanda, quebra de equipamentos, etc.) são decisões que o animador do jogo pode tomar, visando criar situações semelhantes às encontradas na realidade industrial. Estas decisões serão informadas aos participantes através de um "jornal". Os resultados da simulação são devolvidos aos participantes para que analisem os resultados e, através de uma discussão em grupo, tomem novas decisões (SCHAFRANSKI *et al.*, 1999).

Ainda segundo Schafranski *et al.* (1999), o jogo GPCP-1 é composto de 10 (dez) módulos. Um módulo é uma parte do jogo onde estão agrupadas atividades afins. Os módulos que compõem o jogo são os seguintes:

- GPCP-1: Módulo de apresentação do jogo.
- DEMANDA: Módulo onde são feitas as previsões de demanda. São disponibilizadas duas técnicas quantitativas de previsão de demanda no jogo: tendência linear e média exponencial móvel.
- PMP: Módulo do plano mestre da produção.
- MP: Módulo destinado ao controle das matérias-primas prego, tinta e parafuso, através do método do ponto de pedido.
- MRP: Módulo onde são feitos os cálculos das necessidades de partes componentes dos produtos acabados, bem como o controle de estoques dos produtos acabados e da matéria prima.
- ORDENS: Módulo onde são emitidas e sequenciadas as ordens de fabricação, sub-montagem e montagem, e também emitidas as ordens de compra de matérias-primas.
- FORNECEDOR: Neste módulo são informadas as entregas programadas de matérias-primas pelo fornecedor.
- VENDAS: Informa a quantidade de produtos vendidos no período e preço praticado.
- RELATÓRIOS: Módulo com relatórios de produção e financeiro.

- INFORMAÇÕES: Módulo que traz informações sobre custos de produção, estrutura dos produtos acabados, roteiro de fabricação dos produtos e o layout da fábrica.

#### 2.4.4.3 PSP (Programação e Sequenciamento da Produção)

Pellegrin (1999) desenvolveu o jogo de simulação computacional PSP, como uma ferramenta instrucional de auxílio ao processo de ensino-aprendizagem em conceitos básicos de Administração da Produção, com especial atenção a programação e sequenciamento da produção.

A carteira de pedidos é definida para que, ao longo da partida, o mix de produção varie, fazendo com que os cenários simulados (em semanas) sejam diferentes, alterando inclusive características do fluxo produtivo. Outras variações nos cenários poderão ser impostas pelo jogador quando este alterar alguns parâmetros do jogo, como tamanho de lote de transferência, reprogramação por trocas líquidas ou por regeneração (PELLEGRIN, 1999).

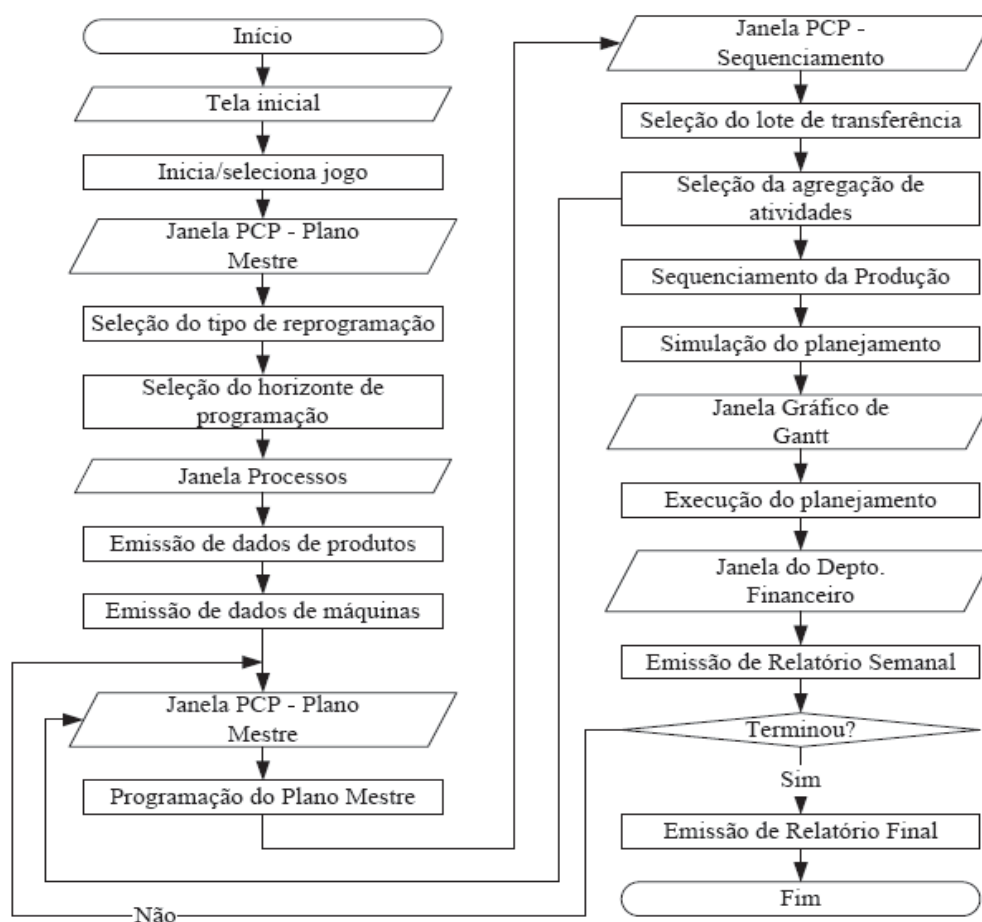
Conforme Pellegrin (1999), os conceitos e técnicas abordados no jogo estão relacionados com as atividades de Programação e Sequenciamento na área de Administração da Produção, sendo explorados os seguintes conceitos no jogo: (1) Programação e Sequenciamento da Produção – destacando os Gargalos e Recursos com Capacidade Restritiva; (2) Gráfico de Gantt; (3) Indicadores – principalmente o *lead time*; (4) Variabilidade; (5) Tamanho do Lote de Produção; (6) Tamanho do Lote de Transferência; (7) Tempo de Preparação de Máquinas; (8) Sentido de Programação – *forward x backward*; (9) Taxonomia VATI; (10) Reprogramação por Trocas Líquidas e Regeneração; e (11) Horizonte de Programação – Plano Mestre de Produção.

Leis *et al.* (2006) analisaram o jogo PSP. Em seu trabalho, os autores apresentaram o jogo como ferramenta no auxílio ao processo de ensino-aprendizagem de conceitos básicos em Administração da Produção. Segundo ele, o jogo exercita em seus usuários/alunos as atividades de programação e sequenciamento da produção de uma empresa industrial que busca atender a uma carteira de pedidos com prazos de entrega pré-estabelecidos, acompanhando indicadores de desempenho financeiros da empresa. O objetivo de cada jogador é ganhar o máximo de dinheiro ao longo de uma partida. Neste caso, a partida será

composta por seis rodadas/semanas. O resultado do sequenciamento definido pelo jogador pode ser observado em um gráfico de Gantt.

A Figura 15 ilustra o fluxograma geral do jogo.

Figura 15 - Fluxograma geral do jogo PSP



Fonte: Leis *et al.*, (2006, p. 7)

Durante as seis etapas do jogo, o jogador depara-se com diferentes situações, onde os cenários de mix de produção fazem com que a empresa em alguns momentos possa ser do tipo V, de fluxo divergente, do tipo A, de fluxo convergente, fluxo linear com variações de montagem ao final ou do tipo T. Além disto, são explorados cenários onde os lotes de produção e os lotes de transferência variam de tamanho, com aplicação de funções de variabilidade nos processos produtivos, mostrando diferenças entre a programação determinística e a realidade estocástica. Explora-se ainda a aplicação de alguns indicadores para medir o desempenho dos jogadores (LEIS *et al.*, 2006).



#### 2.4.4.4 Enter Game

O jogo *Enter Game* se inicia pela tela do planejamento estratégico, onde contêm todas as informações necessárias para o jogador tomar suas decisões estratégicas. Ela é dividida em três partes: na primeira estão os dados iniciais que o jogador tem a disposição; a segunda é composta de controles onde o jogador pode tomar suas decisões, inserindo os dados relativos às suas estratégias; por fim, a parte onde os resultados finais das decisões são apresentados (OLIVARES, 2003).

Berretini (2010), que estudou este jogo em sua dissertação de mestrado, observa que nele considera-se a existência de duas famílias de produtos: P1 (família de produtos padronizados) e P2 (família de produtos diferenciados). As famílias de produtos apresentam complexidades de fabricação diferentes. A Figura 16 ilustra a tela inicial do jogo.

Figura 16 – Tela inicial do software *Enter Game*

Fonte: Berretini (2010, p. 63).

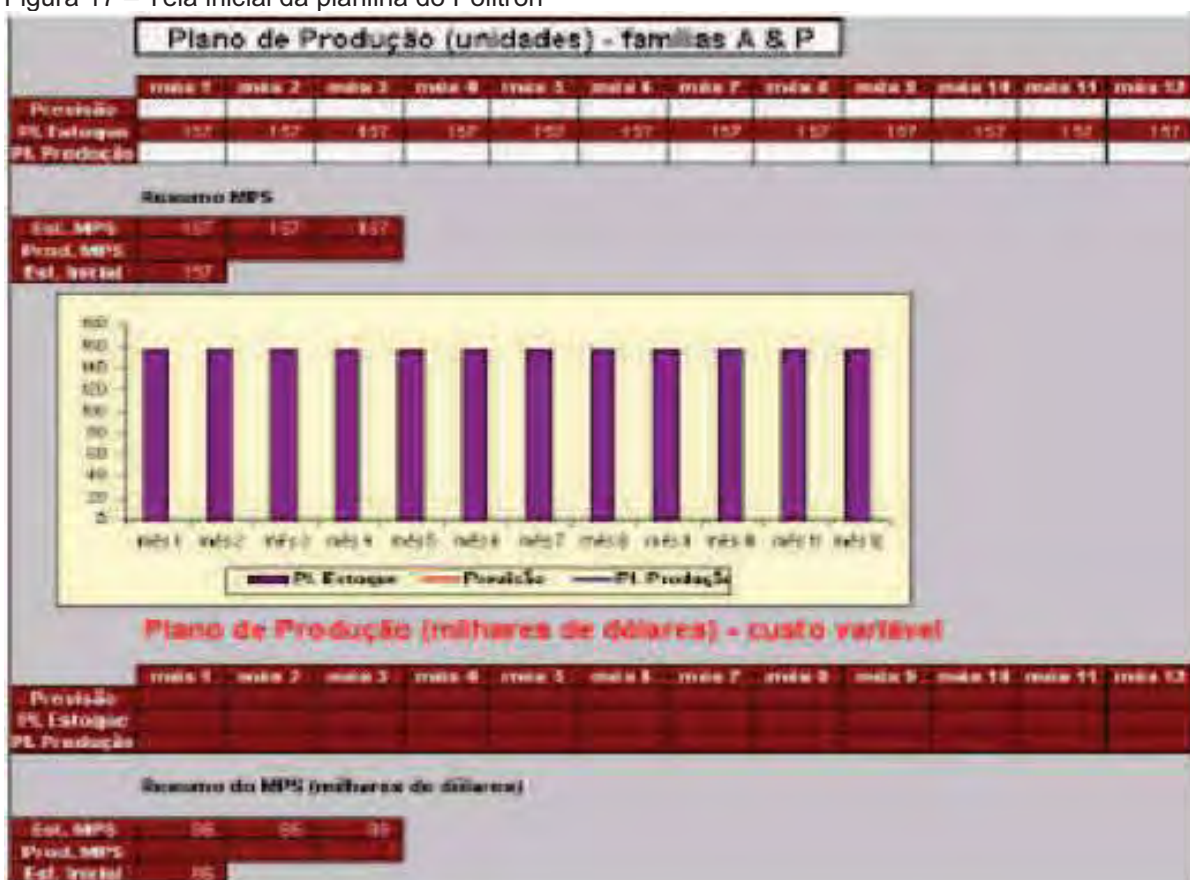
Segundo Olivares (2003), o planejamento de necessidades (MRP) e a programação da produção não são realizados dentro do jogo. Estas atividades são

propostas no módulo do *software* AP6 e no APS *Preactor* havendo uma integração entre esses sistemas e o jogo.

#### 2.4.4.5 Politron Internet *Business Game*

O Politron Internet é um jogo de empresas desenvolvido pela parceria entre a Proage<sup>5</sup> e a Correa & Associados<sup>6</sup> que permite aos participantes gerenciarem a operação de uma fábrica, tomando decisões ao longo de uma série de períodos simulados (PROAGE, 2011).

Figura 17 – Tela inicial da planilha do Politron



Fonte: Proage (2011)

Os participantes podem jogar divididos em equipes multidisciplinares, ou individualmente. Durante as simulações os participantes são solicitados a (PROAGE, 2011):

<sup>5</sup> A PROAGE é uma empresa de consultoria e treinamento que atua nas áreas de Gestão de Projetos e Gestão de Operações

<sup>6</sup> A Corrêa & Associados é uma empresa formada por engenheiros, administradores e economistas que atua nas áreas de Supply Chain Management, Estratégia de Operações, Sistemas MRP II / ERP, Avaliação econômica de empreendimentos e Qualidade de Serviços.

- Prever as vendas por família de produtos a partir de dados históricos e considerações sobre o desempenho futuro;
- Avaliar erros de decisões e recalibrar previsões para períodos futuros;
- Planejar a produção agregada de famílias de produtos no longo prazo;
- Planejar a produção de produtos finais no médio prazo decidindo níveis de estoques de segurança estratégicos;
- Parametrizar o cálculo de materiais em termos de *lead times*, estoques de segurança e tamanhos de lotes, verificando a influência desses parâmetros no desempenho do sistema;
- Analisar mensagens de ação (ou exceção) do sistema, tomando as medidas necessárias para obter um plano viável em termos de materiais;
- Analisar carga de trabalho na fábrica, gerando um plano de produção viável em termos de capacidade;
- Liberar ordens definindo a melhor sequência de fabricação;
- Analisar o desempenho do planejamento, identificando os aspectos que podem ser aprimorados para o período seguinte.

Inicialmente é preciso adquirir uma senha para acessar o treinamento. Essa senha pode ser adquirida individualmente ou por grupos de até quatro pessoas. O treinamento é dividido em duas grandes fases: uma conceitual e outra prática, na qual os conceitos são aplicados numa situação simulada testando e consolidando o aprendizado de cada participante (BERRETINI, 2010).

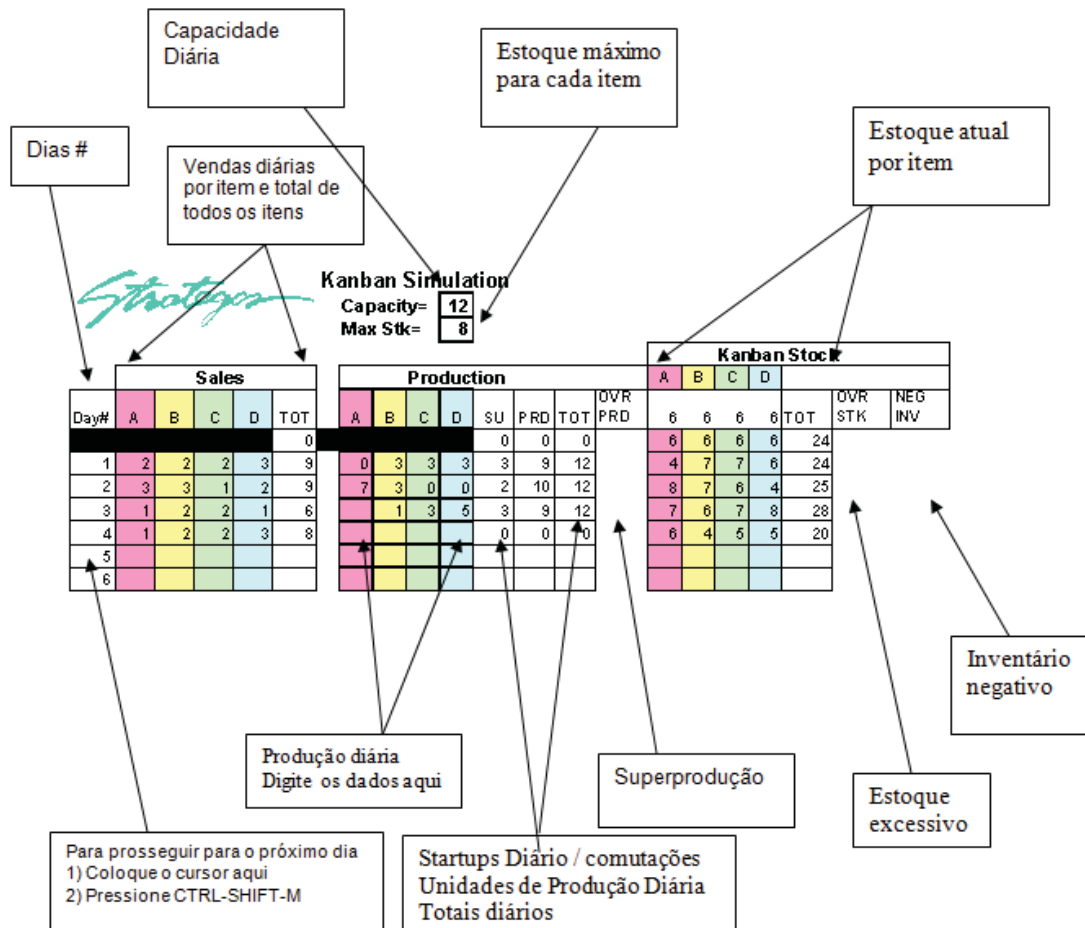
#### 2.4.4.6 Kanban System Game

No Jogo de Simulação Kanban, o jogador lidera uma equipe de células de trabalho e um plano de produção diário. Cada dia, o jogador deve manter seus clientes satisfeitos, porém a capacidade é limitada. É possível explorar táticas de agendamento e ver os efeitos sobre o estoque e clientes. Através da simulação é possível o aprendizado sobre as configurações de equilíbrio, com resposta rápida. Ao alterar a capacidade de células, o jogador aprende sobre as relações entre o estoque e capacidade (KANBAN GAME, 2011).

Segundo Berretini (2010), que estudou o jogo em sua dissertação de mestrado, o jogador é líder de uma célula de trabalho que fabrica quatro produtos, denominados A, B, C e D. Todos os dias, os carregadores vão até o ponto de estoque e removem o que eles necessitam para a expedição do dia. Para cada

produto, as médias de demanda são de 2,0 unidades / dia. No entanto, em qualquer dia os carregamentos podem variar de uma a três unidades de cada item. Essa atividade ocorre durante a retirada do equipamento. A Figura 18 ilustra o jogo.

Figura 18 - Tela do jogo Simulation Kanban Game



Fonte: Berretini (2010).

As simulações são realizadas numa planilha Excel. O estoque máximo é o número de unidades para cada produto permitido no ponto de estoque. Para cada dia, o jogador deve seguir os seguintes passos (BERRETINI, 2010):

- Coloque o cursor sobre o "Dia #" e pressione "CTRL-SHIFT-M". Com isso, serão inseridas as vendas do dia e a planilha irá calcular as quantidades remanescentes no ponto de estoque.
- Examine o estoque remanescente e decida o que construir. Insira o número adequado de unidades nas colunas dos produtos ABCD.

#### 2.4.4.7 LSSP\_PCP (Laboratório de Simulação de Sistemas de Produção)

Os jogos da série LSSP\_PCP foram desenvolvidos pelo LSSP (Laboratório de Simulação de Sistemas de Produção) da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, e estão disponíveis por meio do endereço <http://www.deps.ufsc.br/lssp/>.

São jogos desenvolvidos em Access que apoiam a teoria apresentada no livro Manual de Planejamento e Controle da Produção (LSSP, 2011), com foco na dinâmica de produção em lotes de uma fábrica de malhas.

Segundo Tubino (2009), o jogo LSSP1 tem como objetivo montar um plano estratégico de produção, a partir da previsão da demanda. O jogo LSSP2 tem como objetivo estudar e discutir as características de um sistema dentro da hierarquia do PCP voltado para programação empurrada. O jogo LSSP3 tem os mesmos objetivos do LSSP2, porém, é voltado para a programação puxada e empurrada simultaneamente, abordando os conceitos do sistema Kanban.

A empresa simulada produz três famílias distintas de malhas, denominadas de Colméia, Piquet e Maxim, em várias cores, com setores de malharia, tinturaria e acabamento. A demanda por estas malhas pode apresentar tendência, sazonalidade e variações aleatórias (LSSP, 2011).

##### 2.4.4.7.1 Jogo LSSP\_PCP1

O jogo de empresas LSSP\_PCP1 trabalha a dinâmica de PCP da malharia no horizonte de longo prazo, com 12 períodos mensais simulados. Ao se iniciar o jogo deve-se escolher a estrutura fabril da malharia (pequena, média ou grande) e o tamanho do mercado consumidor (de massa, repetitivo em lotes ou sob encomenda) para as três famílias de malhas.

Como o horizonte do jogo é de longo prazo, o objetivo do mesmo é montar um plano estratégico de produção, a partir da previsão da demanda de longo prazo, estruturando os recursos físicos da empresa, de maneira que a mesma trabalhe no mercado escolhido da forma mais eficaz possível (LSSP, 2011).

A Figura 19 ilustra a tela inicial do jogo.

Figura 19 - Tela inicial jogo LSSP\_PCP1



Fonte: LSSP (2011)

#### 2.4.4.7.2 Jogo LSSP\_PCP2

O jogo LSSP\_PCP2 tem por objetivo estudar e discutir as características de um sistema de PCP que atenda uma empresa com produção repetitiva em lotes voltados para a programação da produção empurrada. Nesse jogo é necessário aplicar os conceitos de previsão de demanda, planejamento-mestre (PMP), planejamento das necessidades de materiais (MRP), programação avançada com capacidade finita (APS), ponto de pedido, emissão e liberação de ordens e acompanhamento da produção (LSSP, 2011). A Figura 20 ilustra a tela inicial do jogo.

Figura 20 – Tela inicial jogo LSSP\_PCP2



Fonte: LSSP (2011)

#### 2.4.4.7.3 Jogo LSSP\_PCP3

O jogo LSSP\_PCP3 tem por objetivo estudar e discutir as características de um sistema de PCP que atenda uma empresa com produção repetitiva em lotes voltados para a programação da produção puxada e empurrada simultaneamente. Nesse jogo é necessário aplicar os conceitos de previsão de demanda, planejamento-mestre (PMP), planejamento das necessidades de materiais (MRP), sistema *Kanban*, ponto de pedido, emissão e liberação de ordens e acompanhamento da produção. A programação da produção é feita pelo sistema *Kanban* nesta versão do jogo (LSSP, 2011). A Figura 21 ilustra a tela inicial do jogo.

Figura 21 – Tela inicial jogo LSSP\_PCP3



Fonte: LSSP (2011)

#### 2.4.4.8 Mercado virtual

O jogo Mercado Virtual foi elaborado para ser utilizado via Internet. Está disponível no site <http://www.mercadovirtualfeb.com.br/> sendo desenvolvido pelo Professor Dr. José Rodrigues com a colaboração de alunos do Colégio Técnico Industrial da UNESP de Bauru. Sua criação tem propósitos didáticos e seu objetivo seria facilitar o exercício do processo decisório e o gerenciamento de sistemas produtivos (RODRIGUES, 2008).

Segundo Rodrigues (2008), a finalidade do jogo é ser um facilitador do aprendizado de conteúdos das áreas: processo decisório e estratégia de competição, dimensionamento de capacidade produtiva, lógicas de mercado (processo competitivo, oferta x demanda, preço, custo), contabilidade básica,

finanças (custos e receitas não operacionais, juros, cálculo de disponibilidade e necessidade de recursos financeiros), previsão da demanda, gestão de estoques, financiamento de compras e vendas, otimização, análise e tratamento de dados, sendo um ambiente para se exercitar estes conteúdos e habilidades.

O jogo se destina as Instituições de ensino que estejam interessadas em usar jogos de empresas como suporte ao processo de ensino e aprendizagem, às empresas e consultores no treinamento, desenvolvimento e seleção, às pessoas interessadas em adquirir conhecimentos nas áreas de engenharia de produção, administração, economia, contabilidade e afins, como graduandos, mestrandos, alunos de especialização e profissionais que atuam nelas (RODRIGUES, 2008).

Para Rodrigues (2008), a atuação efetiva dos coordenadores de curso com o objetivo de envolver os diversos docentes de disciplinas das áreas afins e correlatas é fundamental para melhor aproveitamento das potencialidades do jogo.

#### 2.4.4.9 GSim

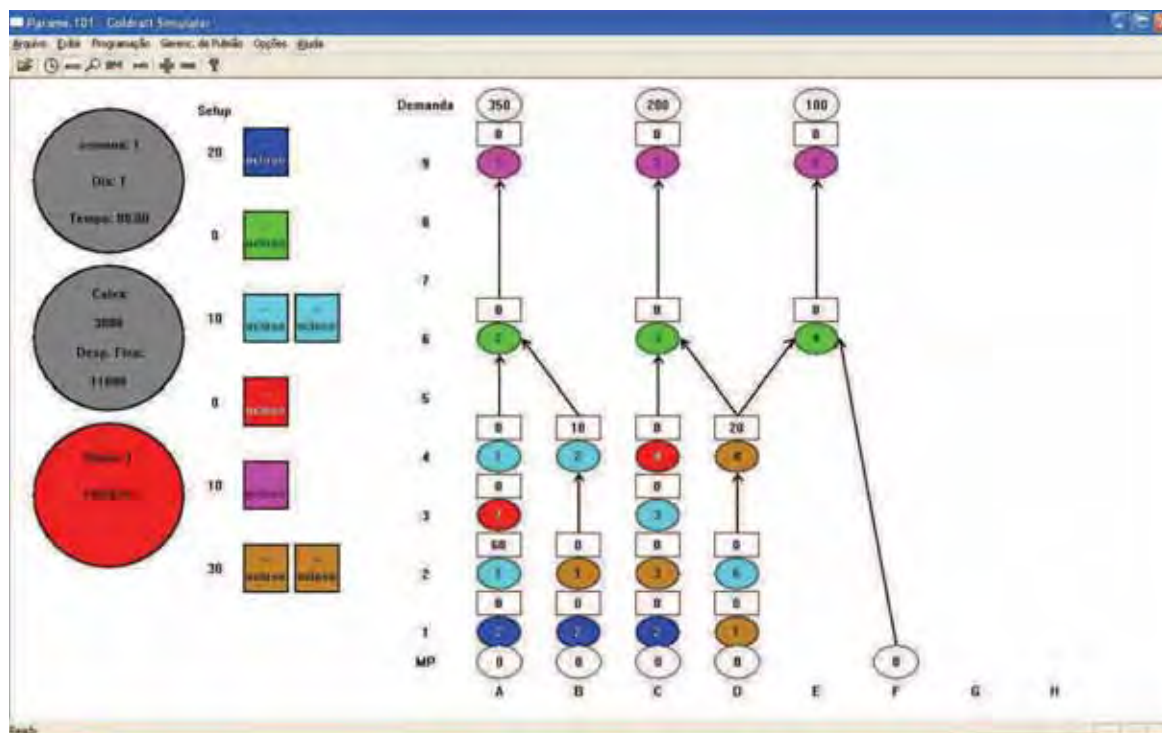
O simulador chamado *Gsim* (*Goldratt Simulator*) é encontrado no livro “A meta na prática: livro de exercícios da TOC” (GOLDRATT, 2006). O *software* executa funções dando opções para o usuário efetuar um simulador de produção que permite avaliar a situação da empresa, descobrir os gargalos da produção e repensar o método de avaliar a produção. Este material é composto de um manual do instrutor, um caderno de treinamento e um simulador de computador. Durante a leitura, o leitor é levado a descobrir, passo a passo, os princípios básicos do Tambor-Pulmão-Corda, em sua versão tradicional não incorporando a sua versão simplificada ou o impacto do desempenho operacional nas vendas. Além de explicar muito bem os conceitos do TPC, o livro explica como ensiná-los usando o simulador e o caderno de treinamento, e também explica como implementar o TPC numa empresa (GOLDRATT, 2006).

O *software* GSim, apesar de simular de forma muito didática os conceitos de TOC e mesmo sendo em português, deixa a desejar nos quesitos de modernidade em relação aos conceitos mais atuais da TOC, tais como, TPC-S e GP, não contemplando a evolução e o seu aprimoramento. O GSim também não consegue simular a abordagem MTA.

A Figura 22 ilustra a tela do jogo.



Figura 22 – Software GSIM



Fonte: Goldratt (2006, p. 24)

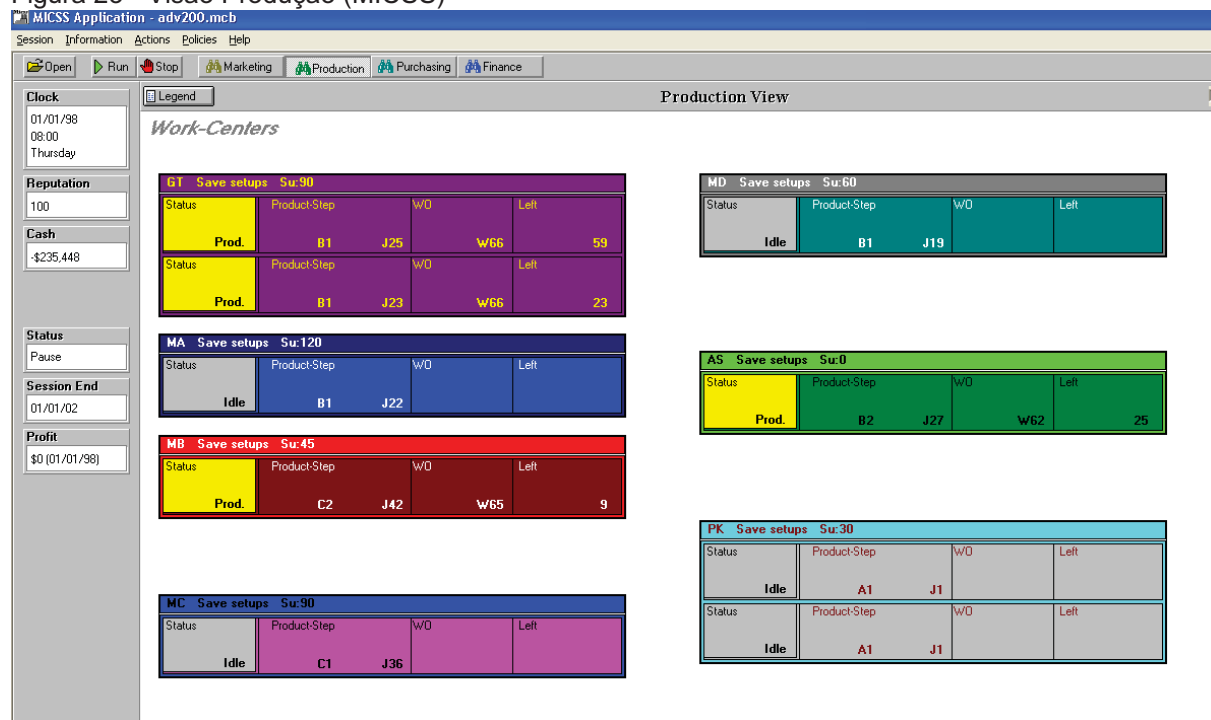
#### 2.4.4.10 MICSS

O sistema MICSS está baseado na literatura sobre TOC e conceitos sobre TPC. O objetivo é o ensino de sistemas complexos, tal como as regras que regem esses sistemas, e as técnicas necessárias para controlar o desempenho de tais sistemas. O usuário está diante de um cenário de uma empresa de manufatura. A empresa é dirigida por quatro funções: Marketing, Produção, Compras e Finanças. Cada função fornece a sua própria “visão”, incluindo as informações, ações gerenciais e políticas. Para obter os melhores resultados é necessário sincronizar esses quatro pontos de vista. Essa sincronização é chamada de ponto de vista global do sistema. Alcançar uma visão global é parte do desafio do MICSS (SCHARGENHEIN; DETTMER, 2001).

O *software* simula a realidade da gestão de uma empresa de manufatura para fins acadêmicos e de ensino, podendo ser encontrado no livro *Manufacturing at Warp Speed: Optimizing Supply Chain Financial Performance* (SCHRAGENHEIN; DETTMER, 2001). O sistema aborda as funções de Marketing, Produção, Compras e Finanças. Na visão produção é possível visualizar as informações de máquinas, ordens de produção, planejamento mestre, tempo de produção, planejamento de

capacidade e *lead time*. Também é possível realizar a programação da produção e o planejamento de necessidade de materiais. Ele apresenta algumas funcionalidades não encontradas em outros jogos, realizando a programação, o sequenciamento FIFO (*first in, first out*), programação via data de entrega mais próxima (*earlier due date* - EDD) (SCHRAGENHEIN; DETTMER, 2001). O objetivo do jogo é permitir ao jogador que compreenda os conceitos, benefícios e quesitos para aplicar o método TPC, especialmente em sua versão simplificada (TPC-S). Algumas evoluções conceituais do TPC-S, assim como sua aplicação MTA, não estão contidas explicitamente no jogo. Cada figura retangular colorida da tela representa um recurso e expõe as ordens de produção que estão sendo processadas por ele. A Figura 23 apresenta o sistema em sua visão Produção.

Figura 23 - Visão Produção (MICSS)



Fonte: Schragenhein e Dettmer (2001, p. 287)

#### 2.4.5 Resumo das funcionalidades dos softwares pesquisados

O Quadro 1 ilustra um resumo das principais funcionalidades dos jogos pesquisados, funcionalidades relacionadas a alguns elementos básicos dos sistemas de PCP, como Planejamento Agregado, Planejamento de Capacidade de Longo, Médio e Curto Prazos, Planejamento Mestre de Produção e Programação e

Controle da Produção. Além dessas funcionalidades, o Quadro inclui também algumas técnicas específicas da TOC, por serem objetos de estudo deste trabalho.

O Planejamento Agregado tem como principal objetivo determinar níveis de produção em unidades agregadas ao longo de um horizonte de tempo, o qual flutua geralmente entre seis a dezoito meses, de modo a cumprir com as previsões de demanda, mantendo o mínimo de estoque possível e, visando um bom nível de atendimento ao cliente (PALOMINO; LANFREDI, 2006).

O Planejamento de Capacidade de Longo Prazo (RRP) visa subsidiar as decisões do planejamento agregado. Ele antecipa necessidades de capacidade de recursos que requeiram um prazo relativamente longo para sua mobilização e/ou obtenção, e também suporta as decisões de o quanto produzir de cada família de produto (CORRÊA *et al.*, 2008).

O Planejamento Mestre da Produção (MPS) é uma das etapas envolvidas no planejamento, programação e controle da produção. É ele quem define a quantidade de produtos acabados a serem produzidos, considerando um horizonte de planejamento de médio prazo e as capacidades produtivas disponíveis. Ele coordena a demanda do mercado com os recursos internos da empresa de forma a programar taxas adequadas de produção de produtos finais (CORRÊA *et al.*, 2001).

O Planejamento de Capacidade de Médio Prazo (RCCP). Tem como principal objetivo garantir que o plano mestre (MPS) seja “viável” em termos de capacidade, permitindo um cálculo rápido, ainda que rústico. Dentro dos seus principais objetivos ele antecipa as necessidades de capacidade de recursos que requeiram prazo de alguns poucos meses para sua mobilização. Devido a sua natureza, é importante que o cálculo de capacidade nesse nível seja também relativamente simples e rápido, para adequar-se à agilidade necessária das decisões (CORRÊA *et al.*, 2001).

Segundo Vollmann *et al.* (2006), o MRP determina (explode) os planos período a período para todos os componentes e matérias primas requeridos para produzir todos os produtos do MPS. Esse plano de materiais pode, a partir de então, ser utilizado no sistema de planejamento detalhado de capacidade para calcular a capacidade requerida do centro de trabalho ou de máquina para fabricar todas as peças do componente.

O Planejamento de Capacidade Curto Prazo (CRP) é feito com base no planejamento de necessidade de materiais detalhado. Esse nível de planejamento de capacidade pode ser substituído, no todo ou ao menos no horizonte mais curto,

pelo planejamento feito com sistemas de programação da produção com capacidade finita, os quais consideram restrições de capacidade simultaneamente à geração do programa de produção (CORRÊA et al., 2008).

A Programação e Controle da Produção têm a preocupação de garantir que o plano definido pelo MRP seja cumprido. Para isso, muitas vezes, é necessário que na decisão de sequenciamento da produção, dentro de um período, cuidados sejam tomados para que uma programação adequada seja feita. Portanto, cumpre a tarefa de detalhar os planos ao nível de planejamento de recursos (OLIVARES, 2003).

Quadro 1 – Resumo das funcionalidades dos jogos pesquisados

JOGOS	L S S P 1	L S S P 2	L S S P 3	G P C P	P S P	E n t e r G a m e	P O L I T R O N	K A N B A N	M I C S S	G S I M
FUNCIONALIDADES										
Previsão da Demanda Agregada	X	X	X	X		X	X		X	
Planej. Agregado	X					X	X			
Planej. de Capacidade (RRP) Resource Requirements Planning						X	X			
Planejamento Mestre	X	X	X	X	X	X	X		X	
Cálculo da capacidade instalada (RCCP) Rough Cut Capacity Planning	X	X	X	X	X	X			X	
MRP	X	X	X	X	X		X		X	
Planej. de Capacidade dos Recursos (CRP) Capacity Requirement Planning							X			
Programação da Produção	X	X	X	X	X	X			X	
Controle da Produção	X	X	X	X					X	
Kanban	X		X	X	X	X	X	X	X	
Gerenciamento do pulmão									X	X
TPC Clássico									X	X
TPC-S (MTO)									X	
TPC-S (MTA)										

Dentre todos os *softwares* pesquisados, apenas os *softwares* MICSS e GSIM possuem funcionalidades para o ensino de TOC, mas nenhum deles trata da abordagem MTA.

### 3. MÉTODO DE PESQUISA

Obedecendo a classificação de Silva e Menezes (2005), essa pesquisa é classificada nos seguintes aspectos:

- *Natureza Aplicada*: pois objetiva conhecimentos para a aplicação prática dirigida ao uso e projetos de *softwares* de ensino para o planejamento da produção;
- *Abordagem qualitativa com objetivos exploratórios*: visando à seleção de variáveis e conteúdos necessários no *software* de ensino, foram utilizadas pesquisas com um grupo de especialistas em TOC. O objetivo foi, a partir das respostas obtidas de um questionário enviado a eles, estabelecer quais funcionalidades o *software* de ensino deveria possuir. Posteriormente, foi efetuada a descrição do funcionamento e o desenvolvimento do *software* de ensino, proporcionando maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo mais explícito, envolvendo descrição e análise de exemplos que estimulam a compreensão;
- *Procedimentos técnicos*: Os dados para desenvolvimento do *software* e confecção deste trabalho foram obtidos de três fontes:
  - **Pesquisa bibliográfica**: elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de livros, artigos de periódicos, materiais disponíveis na internet, manuais de sistemas e tutoriais.
  - **Observação**: ao se usar e testar, de forma exploratória, os *softwares* de ensino pesquisados, tais como o MICSS, observando suas funcionalidades e características para o desenvolvimento do questionário.
  - **Entrevistas com especialistas em TOC**: foi desenvolvido um questionário e passado para três especialistas em TOC com certificação pela TOCICO<sup>7</sup>. Tais especialistas deveriam ter conhecimento profundo em TOC para que suas respostas pudessem auxiliar no desenvolvimento do *software* de ensino.

---

<sup>7</sup> *Theory of Constraints International Certification Organization* (TOCICO) é organização global, sem fins lucrativos, voltada à certificação de profissionais, consultores e acadêmicos em TOC. Ela desenvolve e administra os padrões de certificação e facilita o intercâmbio dos mais recentes desenvolvimentos em TOC.

Assim, esta pesquisa envolveu quatro etapas básicas: revisão da literatura, estudo dos jogos, levantamento de funcionalidades e desenvolvimento do software. Esta última é detalhada no próximo capítulo dessa dissertação.

O questionário classificou as possíveis funcionalidades que um eventual *software* de ensino de TPC-S/GP em ambientes MTS poderia possuir em três quesitos:

- Fundamental (é essencial que o sistema a contenha);
- Recomendável (sua existência contribui para o aprendizado da técnica, mas não é essencial);
- Desnecessário (sua presença pode ser omitida sem comprometer o aprendizado da técnica).

Os três especialistas são consultores de empresas especializadas no desenvolvimento de soluções baseadas na TOC. O instrumento de coleta de dados considerado mais adequado foi o questionário, que é definido como:

[...] uma técnica de investigação, composta por um número mais ou menos elevado de questões apresentadas, por escrito, às pessoas, tendo por objetivo o conhecimento de opiniões, crenças, sentimentos, interesses, expectativas, situações vivenciadas, etc. (GIL, 1994, p. 124).

O questionário utilizado nessa pesquisa está apresentando no Anexo 1. Nesse documento são apresentadas a origem e a necessidade da pesquisa, além de perguntas sobre o perfil dos entrevistados, sua experiência com TOC e *softwares* de ensino e quais as funcionalidades necessárias, na visão dos especialistas, para que um *software* de ensino obtivesse sucesso no objetivo de ensinar a abordagem MTA da TOC.

Foi enviado o questionário para quatro especialistas nacionais, porém um deles não retornou. Tais especialistas possuem vasta experiência em TOC, todos têm a certificação TOCICO e serão identificados, para efeito de sigilo, como I, II e III no resumo apresentado no capítulo 4 desse trabalho.

Após o retorno dos questionários, foi efetuado o desenvolvimento do *software*. Este desenvolvido foi focado no sentido de contemplar a maior parte das funcionalidades indicadas pelos entrevistados.

Esta pesquisa está restrita ao estudo da utilização das práticas recomendadas pela TOC, em específico, do TPC-S e do GP aplicados em ambientes de produção para estoque e aos *softwares* voltados para o ensino de TOC.

#### 4. DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE MASTER

O processo de desenvolvimento de um *software* é um conjunto de atividades realizadas por pessoas cujo objetivo é desenvolvimento ou evolução de *software* e sua documentação. Um processo de desenvolvimento de *software* é composto pelos seguintes itens (HUMPHREY, 1989):

- Especificação – o que o sistema deve fazer (funcionalidades) e quais as restrições.
- Desenvolvimento – produção do *software*
- Utilização e manutenção – avaliação, correção, validação e outros aspectos de qualidade.

Essas atividades devem envolver a descoberta das necessidades e expectativas do usuário, a sua formalização e a aplicação de ferramentas e metodologias que produzam uma aplicação final confiável e de qualidade. A forma como cada uma destas atividades foi realizada neste trabalho é a seguir detalhada.

##### 4.1 ESPECIFICAÇÃO

Foram utilizados, como requisitos dos usuários, os resultados das pesquisas efetuadas junto aos especialistas em TOC em conjunto com as funcionalidades verificadas nos jogos pesquisados.

Junto ao questionário solicitando a opinião do especialista para definição das necessidades ou funcionalidades do *software*, foram enviadas algumas questões relativas ao tempo de experiência do pesquisado com TOC, sua vivência e opinião sobre *softwares* de ensino.

O primeiro especialista possui as seguintes certificações TOCICO: Fundamentos, Finanças, Projetos e Cadeia de Suprimentos. Possui larga experiência em projetos envolvendo TPC/GP em MTO, MTA, Finanças, Vendas e Marketing, Projetos Holísticos, Aplicação em Serviços, Visão Viável, Educação, Processo de Raciocínio.

De acordo com ele, os *softwares* de ensino com os seus principais pontos fortes e suas principais lacunas são:

- G-Sim: muito bom para TPC clássico em MTO, não tem GP, não suporta MTA, é determinístico e não têm TPC-S.
- PM-Sim: muito bom para CCPM, mas incompleto (não foi terminado).



- MICSS: muito bom para TPC e TPC-S em MTO e parcialmente MTA. Tem GP simplificado (parcial) e não tem nenhum conceito de Gestão Dinâmica de Pulmões (para Distribuição/MTA). Suporta bem a parte financeira, vendas, e reação do mercado em relação a serviço e preços.
- Dist-Sim: bom para distribuição, mas lento. Extremamente limitado na parte de produção. Bons indicadores e métricas de distribuição.

Na visão do primeiro entrevistado, o *software* que permite ensino do TPCS/GP em ambientes MTS é o MICSS, mas é incompleto, tendo como deficiência principal o fato de não modelar o TPC-S completamente e não ter gestão dinâmica de pulmões.

O segundo especialista possui certificações em Fundamentos, Cadeia de Suprimentos e Gerenciamento de Projetos, ministra cursos para certificação TOCICO, trabalha com Gerenciamento de Projetos Visão Viável e implantação de soluções baseadas na TOC.

Em sua visão, os *softwares* de ensino de TOC fornecem uma base sólida para assimilação dos principais conceitos e ajudam na quebra dos principais paradigmas, mas a interface com o usuário não é das mais amigáveis e rodam somente em Windows. Segundo ele, apenas o MICSS opera sob o TPC-S. Há também, um *software* de Distribuição baseado na TOC que ainda não foi lançado comercialmente. Para ele, o ponto fraco do *software* é que não possui simulação em ambiente MTS/MTA.

O terceiro e último entrevistado possui certificações TOCICO em Fundamentos e Cadeia de Suprimentos.

Em sua opinião, como ponto forte dos *softwares* de ensino, há a facilidade de uso, simulação de várias condições e tipos de fábricas, apresentação de resultados parciais e totais e estarem de acordo com a metodologia do TPC.

O Quadro 2 resume a opinião dos três especialistas, aqui identificados como I, II e III, em relação ao quesito Fundamental (F) na cor vermelha, quesito Recomendável (R) na cor amarela e quesito Desnecessário (D) na cor verde.

Quadro 2 – Resumo da opinião dos especialistas em TOC

FUNCIONALIDADE	I	II	III
Registro do desempenho financeiro no final do período	F	F	F
Identificação e cálculo das medidas: Ganho, Custo Totalmente Variável, Investimento e Despesa Operacional	F	F	F
Cálculo do giro de estoque no final do período	F	F	F
Previsão de Vendas	D	D	D
Histórico de vendas	R	R	F
RCCP (Rough Cut Capacity Planning)		F	F
Gerenciamento dinâmico do pulmão de estoques de produtos acabados, reduzindo ou aumentando o estoque alvo em função do comportamento do nível de estoque em mãos.	F	F	F
Permitir opções de regras de despacho (ordem completa ou incompleta como condição para seguir para a próxima estação, ou qualquer outra regra de sequenciamento)	R	R	R
Permitir que o usuário interrompa uma ordem de produção em andamento e autorize o início de outra,	F	D	F
Cálculo do nível alvo de estoque (pulmão) para cada item de produto acabado	R	D	F
Cálculo do status do pulmão	F	F	F
Identificação de cores a cada ordem de produção (em função do status do pulmão)	F	F	F
Acompanhamento da localização da ordem de produção ao longo do roteiro de produção	F	R	R
Permitir ao usuário que defina as cores em função de determinadas faixas de valores do status do pulmão (não seguindo, portanto, o default de cada cor correspondendo a 1/3 do pulmão)	D	D	R
Permitir uso de lotes mínimos	R	F	F
Cálculo da carga planejada	F	F	F
Regras de liberação de ordens de produção para o chão-de-fábrica em função da carga planejada no RRC	R	F	F
Vinculação de vendas ao desempenho operacional (quanto menor o índice de rupturas, maior a demanda)	R	R	R
Permissão para compra de equipamentos, definindo prazos de entrega e investimentos.	R	F	R
Demanda sensível a preço	R	D	R
Baixa automática de insumos em função da produção	F	R	R
Compras automáticas de insumos em função da produção	R	R	R
Gerenciamento dinâmico dos pulmões de matéria-prima ou insumos	F	R	F
Opções de fornecimento, com variações de preço e prazo de entrega.	R	F	R
Geração aleatória de demanda	R	F	R
Tipos de demanda diferentes (produtos que vendem mais e menos)	R	R	R
Permissão de execução de horas extras no chão de fábrica	R	F	F
Permissão de execução de turno extra de trabalho no chão de fábrica	R	F	F
Plantas de fábricas totalmente parametrizáveis	R	F	R
Simulação do ambiente com tempos de setups variáveis e tempos entre quebras e de manutenção de equipamentos também variáveis	R	D	R
Permitir programação manual dos recursos produtivos	R	R	F
Identificar a estrutura de cada produto final (Bill of material)	R	F	F
Mostrar histórico de desempenho da empresa por item final	D	R	F
Identificar os clientes atuais	D	D	R
Mostrar histórico de desempenho por cliente final	D	R	R
Permitir políticas de produção distintas por cliente e/ou por tipo de item	D	D	R
Permitir que o usuário avance o tempo por intervalos em dia, semana, mês, ano etc.	F	R	F
Permissão para simulação de outras abordagens de produção, como TPC Clássico, MRP/MRP II, JIT/Kanban etc.	R	R	R
Simulador deveria contemplar um ambiente de sistema integrado de gestão (ERP), com visões de marketing, produção, finanças, compras etc.	R	D	R
Definição da política de compras (escolha do fornecedor, prazos de entregas, custos, etc.).	R	F	R
Contrato de vendas por cliente	R	R	R
Informações sobre a demanda passada (vendas últimos meses, lista de contratos, gráficos de vendas).	R	R	F
Informações sobre as compras anteriores (últimos meses, pedidos em aberto).	R	R	R
Análise dos contratos de vendas	D	D	R
Permitir ao usuário que opte por produção sob pedido (make to order – MTO)	R	F	F
Permitir geração de ordens de produção para estoque (MTS) baseado em produção, mas não no modo MTA.	R	D	F

Fonte: Questionário aplicado aos especialistas em TOC constante no Anexo 01

Houve unanimidade dos especialistas para as seguintes funcionalidades serem fundamentais:

- Registro do desempenho financeiro no final do período.
- Identificação e cálculo das medidas: Ganho e Custo Totalmente Variável, Investimento e Despesa Operacional.
- Cálculo do giro de estoque no final do período.
- Gerenciamento dinâmico do pulmão de estoques de produtos acabados, reduzindo ou aumentando o estoque alvo em função do comportamento do nível de estoque em mãos.
- Cálculo do status do pulmão.
- Identificação de cores a cada ordem de produção (em função do status do pulmão).
- Cálculo da carga planejada.

Ao mesmo tempo, foram consideradas, por unanimidade, recomendáveis as seguintes funcionalidades:

- Permitir opções de regras de despacho (ordem completa ou incompleta como condição para seguir para a próxima estação, ou qualquer outra regra de sequenciamento).
- Vinculação de vendas ao desempenho operacional (quanto menor o índice de rupturas, maior a demanda).
- Compras automáticas de insumos em função da produção.
- Tipos de demanda diferentes (produtos que vendem mais e menos).
- Permissão para simulação de outras abordagens de produção, como TPC Clássico, MRP/MRP II, JIT/Kanban etc.
- Contrato de vendas por cliente.
- Informações sobre as compras anteriores (últimos meses, pedidos em aberto).

Finalmente, na visão dos especialistas, as funcionalidades a seguir foram consideradas desnecessárias por dois ou mais especialistas:

- Previsão de Vendas.
- Permitir ao usuário que defina as cores em função de determinadas faixas de valores do status do pulmão (não seguindo, portanto, o default de cada cor correspondendo a 1/3 do pulmão).

- Identificar os clientes atuais.
- Permitir políticas de produção distintas por cliente e/ou por tipo de item
- Análise dos contratos de vendas.

Há de se registrar também que as funcionalidades a seguir foram consideradas fundamentais por dois especialistas:

- RCCP (*Rough Cut Capacity Planning*).
- Permitir que o usuário interrompa uma ordem de produção em andamento e autorize o início de outra.
- Permitir uso de lotes mínimos.
- Regras de liberação de ordens de produção para o chão-de-fábrica em função da carga planejada no RRC.
- Gerenciamento dinâmico dos pulmões de matéria-prima ou insumos.
- Permissão de execução de horas extras no chão de fábrica.
- Permissão de execução de turno extra de trabalho no chão de fábrica
- Identificar a estrutura de cada produto final (Bill of material).
- Permitir que o usuário avance o tempo por intervalos em dia, semana, mês, ano etc.
- Permitir ao usuário que opte por produção sob pedido (*make to order – MTO*).

Para efeito de comparação entre as funcionalidades do *software* desenvolvido e as funcionalidades apontadas pelos entrevistados, foi efetuado um resumo da opinião dos especialistas, englobando os quesitos fundamental e recomendável do questionário apresentado a eles. Foi criada outra modalidade de quesito chamada **indispensável**. Foram consideradas como **indispensáveis** ao funcionamento do *software* todas as funcionalidades que dois ou três especialistas tiverem apontado como fundamentais ou aquelas que foram apontadas pelos três especialistas como recomendáveis.

O Quadro 3 ilustra essa situação. A coluna **M** (de Master) nesse quadro identifica às funcionalidades já disponibilizadas na versão do *software* aqui proposta.

Quadro 3 - Resumo funcionalidade indispensável

<b>FUNCIONALIDADE INDISPENSÁVEL</b>	<b>M</b>
Registro do desempenho financeiro no final do período	X
Identificação e cálculo das medidas: Ganho, Custo Totalmente Variável, Investimento e Despesa Operacional	X
Cálculo do giro de estoque no final do período	X
Histórico de vendas	X
RCCP (Rough Cut Capacity Planning)	
Gerenciamento dinâmico do pulmão de estoques de produtos acabados	X
Permitir opções de regras de despacho	
Permitir que o usuário interrompa uma ordem de produção em andamento e autorize o início de outra,	
Cálculo do status do pulmão	X
Identificação de cores a cada ordem de produção (em função do status do pulmão)	X
Acompanhamento da localização da ordem de produção ao longo do roteiro de produção	X
Permitir uso de lotes mínimos	
Cálculo da carga planejada	X
Regras de liberação de ordens de produção para o chão-de-fábrica em função da carga planejada no RRC	X
Vinculação de vendas ao desempenho operacional (quanto menor o índice de rupturas, maior a demanda)	X
Permissão para compra de equipamentos, definindo prazos de entrega e investimentos.	X
Baixa automática de insumos em função da produção	X
Compras automáticas de insumos em função da produção	X
Gerenciamento dinâmico dos pulmões de matéria-prima ou insumos	
Opções de fornecimento, com variações de preço e prazo de entrega.	X
Geração aleatória de demanda	X
Tipos de demanda diferentes (produtos que vendem mais e menos)	X
Permissão de execução de horas extras no chão de fábrica	X
Permissão de execução de turno extra de trabalho no chão de fábrica	
Plantas de fábricas totalmente parametrizáveis	X
Permitir programação manual dos recursos produtivos	
Identificar a estrutura de cada produto final (Bill of material)	X
Permitir que o usuário avance o tempo por intervalos em dia, semana, mês, ano etc.	X
Permissão para simulação de outras abordagens de produção, como TPC Clássico, MRP/MRPII, JIT.	
Definição da política de compras (escolha do fornecedor, prazos de entregas, custos, etc.).	X
Contrato de vendas por cliente	
Informações sobre a demanda passada (vendas últimos meses, lista de contratos, gráficos de vendas).	
Informações sobre as compras anteriores (últimos meses, pedidos em aberto).	
Permitir ao usuário que opte por produção sob pedido (make to order – MTO)	

Fonte: Questionário aplicado aos especialistas em TOC constante no Anexo 01

Analisando-se o questionário, foram apresentados 46 quesitos. Desse total, 34 quesitos foram considerados **indispensáveis**.

Desses 34 quesitos **indispensáveis**, o *software* desenvolvido possui na sua primeira versão 22 quesitos disponibilizados e funcionais. Assim, o *software*, em sua primeira versão, contemplou 65% dos requisitos definidos aqui como **indispensáveis** em função das respostas obtidas com especialistas em TOC.

O sistema MASTER se encontra em sua primeira versão de funcionamento e algumas funcionalidades determinadas pelos especialistas como **indispensáveis** ainda não estão contempladas no *software*.

A justificativa de ausência dessas funcionalidades se fundamenta no fato da dificuldade de sua implantação ou por justamente o *software* ser uma primeira versão que no futuro será aprimorada. Para a próxima versão do *software*, como resultado da continuidade da pesquisa, pretende-se incluir as demais funcionalidades.

## 4.2 DESENVOLVIMENTO

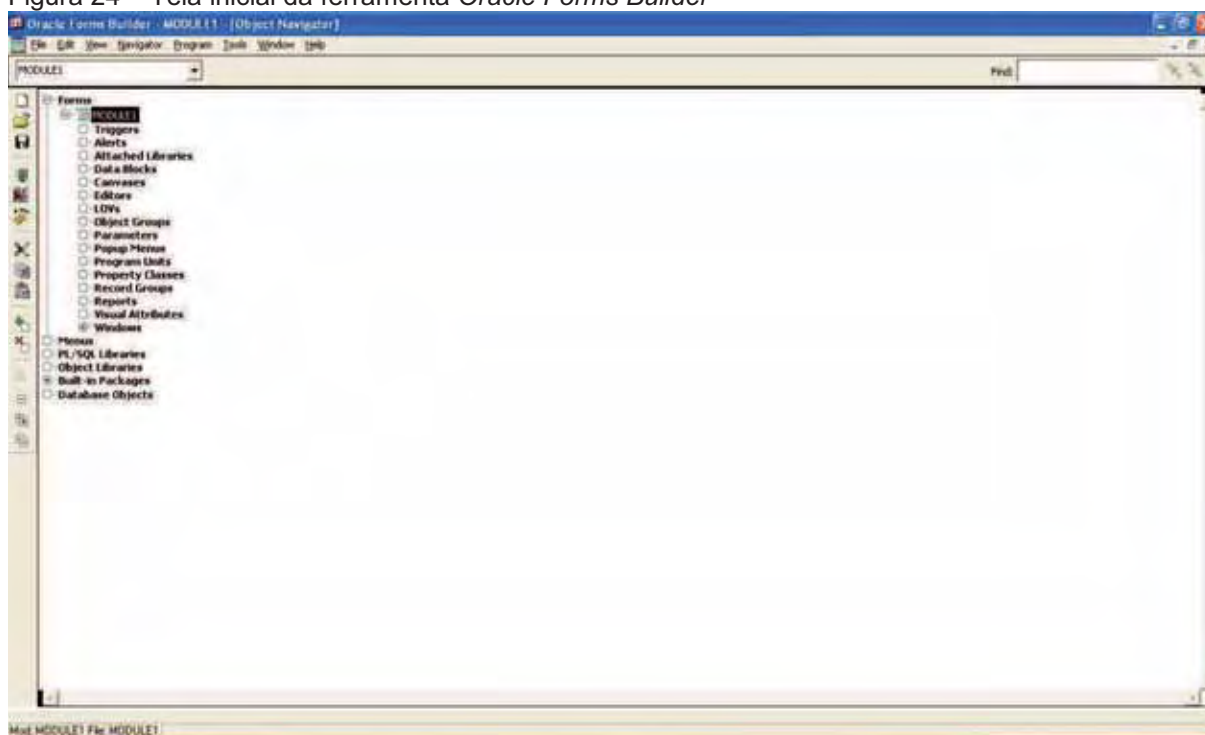
O *software* foi desenvolvido em ambiente WINDOWS e foi denominado MASTER. Ele utiliza como repositório o sistema gerenciador de banco de dados (SGBD<sup>8</sup>) *Oracle Database 10g Express Edition (Oracle Database XE)*. *Oracle Database XE* é um banco de dados compacto baseado no banco de dados *Oracle 10g* versão 2, sendo livre para desenvolver, implementar e distribuir, sendo rápido para *download* e simples de administrar (ORACLE, 2011a).

A ferramenta de desenvolvimento utilizada para desenvolver e disponibilizar os aplicativos para os usuários finais foi a *Oracle Forms Builder Versão 6.0*. Segundo Oracle (2011b), *Oracle Forms Builder* é um *software* para a criação de telas que interagem com um banco de dados Oracle. Tem uma interface que inclui um navegador com um formulário e um editor de códigos de programação. O foco principal do *Forms Builder* é criar sistemas de entrada de dados para acessar um banco de dados Oracle. A Figura 24 ilustra a tela inicial da ferramenta.

Embora a versão 6.0 seja uma versão descontinuada comercialmente pela *Oracle Corporation*, foi decidido pelo seu uso visto que para desenvolvimentos a título de pesquisa, aprendizagem e sem fins comerciais, a versão 6.0 é livre de licenciamento, podendo seu módulo executor ser instalado sem limitação de número de equipamentos (ORACLE, 2011c).

---

<sup>8</sup> SGBD é um conjunto de programas de computador que controla a criação, a manutenção e uso dos bancos de dados por uma organização e seus usuários finais (O'BRIEN, 2004 p. 138).

Figura 24 – Tela inicial da ferramenta *Oracle Forms Builder*

Fonte: Oracle Forms Builder

A arquitetura do ambiente MASTER está baseada na tecnologia cliente-servidor. Em uma rede cliente-servidor, o computador do usuário final é o cliente. Eles são interconectados por redes locais e compartilham o processamento de aplicações com servidores da rede (O'BRIEN, 2004 p.182). A Figura 25 mostra um esquema da arquitetura do ambiente enfocando esse aspecto.

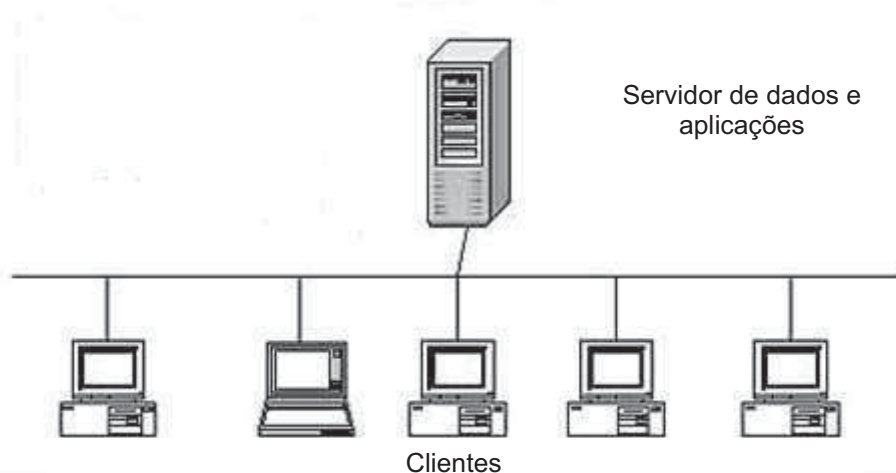
No servidor de dados e aplicações estarão o banco de dados com as tabelas e dados do sistema em conjunto com as aplicações que suportarão o *software* MASTER. Nas estações clientes, estará o *software* para executar a aplicação MASTER. O anexo dois ilustra o processo de instalação desse módulo.

Pelo fato do sistema ter sido desenvolvido em plataforma de banco de dados, ele é constituído com o mínimo de funções no módulo *client*, deixando praticamente a totalidade de funções, procedimentos e rotinas dentro do próprio banco de dados. Nesse sentido, a portabilidade<sup>9</sup> do *software* para outras linguagens, ambientes e tecnologias se torna factível e por consequência aumenta sua manutenibilidade<sup>10</sup>.

<sup>9</sup> Conjunto de atributos que evidenciam a capacidade do *software* de ser transferido de um ambiente para outro (ISO/IEC 9126, 1998).

<sup>10</sup> É um aspecto que se refere à facilidade de um *software* de ser modificado a fim de corrigir defeitos, adequar-se a novos requisitos ou se adequar a um ambiente novo (ISO/IEC 9126, 1998).

Figura 25 – Arquitetura do ambiente MASTER



Fonte: Sistema Master

### 4.3 UTILIZAÇÃO E MANUTENÇÃO

Depois de informado o usuário e senha do sistema, o *software* posicionará a tela representada pela Figura 26. O docente inicialmente terá o usuário MASTER como único na base de dados.

Figura 26 - Tela de abertura do sistema MASTER

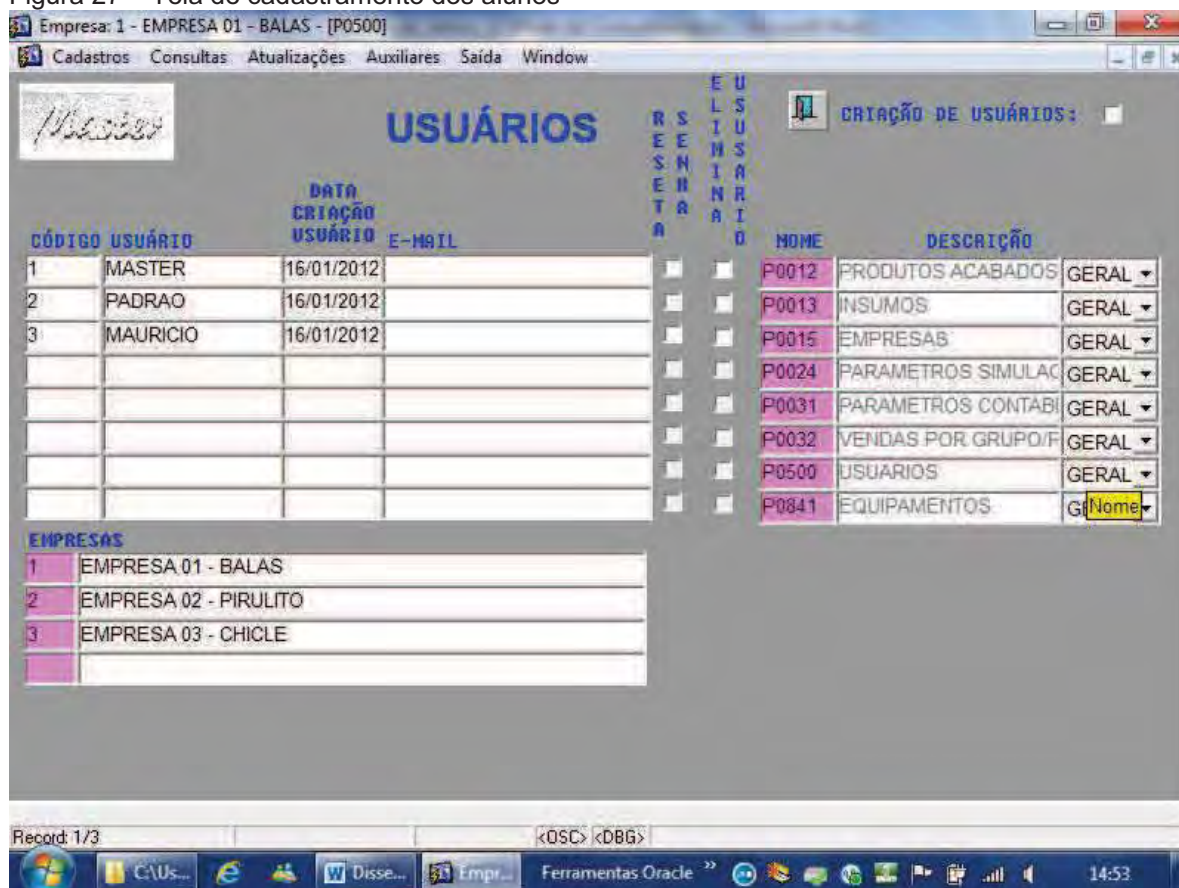


Fonte: Sistema MASTER



O docente terá à sua disposição uma tela para criação dos usuários dos alunos podendo definir privilégios para os alunos no sentido de consultar, alterar, incluir ou consultar os registros das empresas modelos já previamente existentes no sistema. A Figura 27 ilustra essa funcionalidade.

Figura 27 – Tela de cadastramento dos alunos



Fonte: Sistema MASTER

A partir do acesso com o usuário MASTER, o docente passa a dispor dos atributos de administrador das funcionalidades do sistema, tendo permissão de acesso ao conteúdo responsável pela administração dos processos. A partir do acesso a estes controles, o docente pode definir as aplicações e de que maneira cada aluno a utilizará, cadastrando-os no sistema para que possam ter acesso.

A partir do cadastro dos alunos como usuários, o professor disponibilizará, então, aos alunos uma senha de acesso. No momento da criação dos usuários, uma cópia das empresas disponibilizadas dentro do banco de dados para o usuário

(aluno) será disponibilizada. A partir do acesso ao sistema com a senha própria, o aluno terá entrada ao modo interativo do sistema (Figura 28).

Figura 28 – Ambiente de produção

The screenshot displays the 'PEDIDOS DE VENDAS' (Sales Orders) screen in the MASTER system. The window title is 'Empresa: 1 - EMPRESA 01 - BALAS - [P1000]'. The interface shows a list of sales orders with columns for 'NRD', 'CÓD. PRODUTO', and 'QTDDE'. A summary table below the list shows 'Gerenciamento do pulmão' (Inventory Management) with columns for 'CÓD', 'ESTOQUE ALVO', 'ESTOQUE ATUAL', 'DEMANDA DIÁRIA', 'SALDO ESTOQUE', 'NECESS. SEÇÃO', 'WIP', 'STA TUS', '% PENETR.', 'A PRODUIR', 'DIAS Z. VERDE', and 'QTD Z. VERDE'. The date is set to 04/01/2011.

NRD	CÓD. PRODUTO	QTDDE
1	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	15
2	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	57
3	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	21
4	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	83
5	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	7
6	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	2
7	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	3
8	3403 BALA GOOD GURTE 45X75X3	2
9	3403 BALA GOOD GURTE 45X75X3	97

Produto	1073	3403	4553	4620
Qtdade	212	180	206	200

CÓD	ESTOQUE ALVO	ESTOQUE ATUAL	DEMANDA DIÁRIA	SALDO ESTOQUE	NECESS. SEÇÃO	WIP	STA TUS	% PENETR.	A PRODUIR	DIAS Z. VERDE	QTD Z. VERDE
1073 BALA DURA HORTELA 301	242	242	212	30	212	0	VM	87.60	212	0	96
4553 BALA DURA CEREJA SM 1	240	240	206	34	206	0	VM	85.83	206	0	104
4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	240	240	200	40	200	0	VM	83.33	200	0	68
3403 BALA GOOD GURTE 45X75X3	241	241	180	61	180	0	VM	74.69	180	0	58

Fonte: Sistema MASTER

É permitida a inclusão de até 99 empresas diferentes com seus produtos acabados, preços de vendas, fichas técnicas, insumos, custos de compras, prazos de entrega, fornecedores, equipamentos, número de funcionários por equipamento, custo dos equipamentos, sequência dos equipamentos na linha de produção. O anexo três possui uma lista de comandos que facilita a utilização dessa funcionalidade.

A seguir são analisadas essas funcionalidades existentes no *software* e são feitos comentários sobre seu desenvolvimento e funcionamento

### 4.3.1 Registro do desempenho financeiro no final do período

Há no cadastro de empresa um campo onde está registrado o Capital Inicial da empresa. No início do jogo, são efetuados os seguintes lançamentos contábeis iniciais abaixo da empresa nos valores ao lado:

- Débito: Caixa/Bancos  
Crédito: Capital Social                      Valor do Capital Inicial da empresa
- Débito: Estoque Acabados  
Crédito: Caixa/Bancos                      Custo do estoque de acabados
- Débito: Estoque Insumos  
Crédito: Caixa/Bancos                      Custo dos insumos
- Débito: Imóveis  
Crédito: Caixa/Bancos                      Valor dos imóveis cadastrados
- Débito: Máquinas  
Crédito: Caixa/Bancos                      Valor das máquinas cadastradas

Figura 29 – Balanço Patrimonial e Demonstrativo de resultados do exercício

BALANÇO PATRIMONIAL		PASSIVO		DEMONSTRATIVO DE RESULTADOS DO EXERCÍCIO	
CONTA	SALDO	CONTA	SALDO	CONTA	SALDO
ATIVO	2.519.135.44	PASSIVO	2.519.135.44	RECEITA BRUTA DE VENDA	31.169.92
CIRCULANTE:	1.555.135.44	CIRCULANTE	2.805.32	DEDUÇÕES DE VENDAS	2.805.32
CAIXA/BANCOS	1.485.298.95	FORNECEDORES	0.00	IMPOSTOS SOBRE VENDA	1.246.79
CLIENTES	31.169.92	CONTAS A PAGAR	0.00	COMISSÕES SOBRE VENC	1.558.53
ESTOQUES ACABADOS	14.423.78	SALÁRIOS A PAGAR	0.00	RECEITA LÍQUIDA DE VENC	28.364.60
ESTOQUES INSUMOS	24.242.79	IMPOSTOS A PAGAR	1.246.79	CUSTO DAS MERCADORIA	12.034.48
REALIZÁVEL A LONGO PRAZ	0.00	COMISSÕES A PAGAR	1.558.53	LUCRO BRUTO	16.330.12
CONTAS A RECEBER	0.00	EXIGÍVEL A LONGO PRAZO	0.00	DESPESAS OPERACIONAI	0.00
PERMANENTE	964.000.00	FINANCIAMENTOS	0.00	DESPESAS ADMINISTRATI	0.00
IMÓVEIS	100.000.00	PATRIMÔNIO LÍQUIDO	2.516.330.12	SALARIOS	0.00
MÁQUINAS	864.000.00	CAPITAL SOCIAL	2.500.000.00	HORAS EXTRAS	0.00
DEPR ACUMULADA	0.00	LUCROS ACUMULADOS	16.330.12	LUCRO OPERACIONAL	16.330.12
				DESPESAS NAO OPERACI	0.00
				PROVISÃO PARA IR E CON	0.00
				LUCRO LÍQUIDO DO EXERC	16.330.12

Fonte: Sistema MASTER

Dessa forma, a empresa passa a “existir” em termos financeiros e contábeis dentro do *software*. Após qualquer operação de vendas, compras, pagamento de fornecedores, pagamentos de salários, recebimentos de vendas, pagamentos de comissões e impostos serão efetuados os respectivos lançamentos contábeis dando ao aluno uma tela dentro do ambiente de produção para simulação em que ele poderá ver o balanço patrimonial da empresa e o demonstrativo de resultados até aquele momento do jogo. A Figura 29 ilustra a tela no momento inicial do jogo.

#### **4.3.2 Identificação e cálculo das medidas: Ganho e Custo Totalmente Variável, Investimento e Despesa Operacional.**

O sistema não possui esses valores mostrados e calculados de forma explícita. Na realidade, ele fornece todos os dados necessários para tal. O sistema informa a receita, os custos e os investimentos. A Figura 29 possui todos esses dados para que o usuário faça os cálculos necessários. Na próxima versão do *software* MASTER, essa informação será disponibilizada de forma explícita.

#### **4.3.3 Cálculo do giro de estoque no final do período**

Como na funcionalidade anterior, o sistema não possui esses valores calculados de forma explícita, mas ele informa as vendas médias (em dinheiro) e o nível médio de estoque (em dinheiro) por período. Assim, o usuário poderá fazer os devidos cálculos. Na próxima versão do *software* MASTER, essa informação será disponibilizada de forma explícita.

#### **4.3.4 Histórico de vendas**

Na abordagem MTA, para se definir os níveis iniciais de estoque alvo, há duas maneiras: o nível alvo de estoque a ser mantido em cada ponto de armazenagem do sistema em um modo MTA deve cobrir a demanda média durante o tempo de reposição mais um estoque de segurança (SCHRAGENHEIM, 2002) ou o estoque alvo deve equivaler à máxima demanda dentro de tempo de reposição médio multiplicado por um fator de incerteza (SCHRAGENHEIM; DETTMER e PATTERSON, 2009). Nesse sentido, é fundamental se ter o histórico de vendas para se calcular o estoque alvo inicial. A Figura 30 ilustra essa função dentro do *software*:

Figura 30 – Histórico de vendas por grupo/produtos

VENDAS POR GRUPO/PRODUTOS

EMPRESA: 1 - EMPRESA 01 - BALAS      USUÁRIO: MASTER

**VENDAS POR GRUPO/PRODUTOS**

**CÓD. GRUPO**

0001	BALAS

**CÓD. PRODUTO**

1073	BALA DURA HORTELA 300 GR 25X400
3403	BALA GOOD GURTE 45X75X300
4553	BALA DURA CEREJA SM 100
4620	BALA MISTER TOFFEE 34 X 300 GR

DATA:	08/07/2010	09/07/2010	10/07/2010	11/07/2010	12/07/2010	13/07/2010	14/07/2010	15/07/2010	16/07/2010	17/07/2010
QTDADE:	212	176	194	200	206	224	200	212	212	206

Código do Grupo: Record: 1/1

Fonte: Sistema MASTER

#### 4.3.5 Gerenciamento dinâmico do pulmão de estoques de produtos acabados

Considerado como **indispensável** por todos os especialistas consultados e fazendo parte de um dos quatro passos para implementação da abordagem MTA (SCHRAGENHEIM, 2002), essa funcionalidade é contemplada no sistema. O número e a intensidade das ocorrências em um período de tempo demonstram a eficácia dos níveis de reposição e de emergência. A Figura 31 abaixo ilustra essa funcionalidade. Se o estoque de um produto permanecer abaixo do nível de emergência no tempo definido pelo campo "*lead time de produção*" definido no produto, ter-se-á um aumento de 25% no nível do estoque alvo. No entanto, quando o estoque em mãos de um determinado produto não atinge nem mesmo uma vez a "linha vermelha" (o nível de emergência), então uma redução do estoque alvo em 25% ocorre.

Figura 31 – Ambiente de produção

Empresa: 1 - EMPRESA 01 - BALAS - [P1000]

Cadastros Consultas Atualizações Auxiliares Saída Window

AMBIENTE DE PRODUÇÃO BALANÇO/DRE POLÍTICAS

EMPRESA: 1 - EMPRESA 01 - BALAS MASTER

GRUPO: BALAS

PERÍODO DE ATÉ

- Um dia
- Uma semana
- Um mês
- Um ano

Próx. mês  
Próx. ano

OK

NRº	CÓD. PRODUTO	QTDADE
1	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	15
2	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	57
3	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	21
4	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	83
5	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	7
6	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	2
7	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	3
8	3403 BALA GOOD GURTE 45X75X3	2
9	3403 BALA GOOD GURTE 45X75X3	97

Produto 1073 3403 4553 4620  
Qtdade 212 180 206 200

Gerenciamento do pulmão

CÓD	ESTOQUE ALVO	ESTOQUE ATUAL	DEMANDA DIÁRIA	SALDO ESTOQUE	NECESS. SÓCIE	WIP	STA. TUS	% FENETR.	A PRODUIR	DIAS Z. VERMELHA	QTD Z. VERMELHA
1073	BALA DURA HORTELA 301	242	242	212	30	212	0 VM	87,60	212	0	96
4553	BALA DURA CEREJA SM 1	240	240	206	34	206	0 VM	85,83	206	0	104
4620	BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	240	240	200	40	200	0 VM	83,33	200	0	68
3403	BALA GOOD GURTE 45X75X3	241	241	180	61	180	0 VM	74,69	180	0	58

Carga Planejada RRC em segundos 0 Data: 04/01/2011

Record: 1/1 <OSC> <DBG>

Quantidade de dias que o produto está na zona verde

Quantidade do produto que ultrapassou a zona vermelha

Fonte: Sistema MASTER

#### 4.3.6 Cálculo do status do pulmão

O status de estoque de acabados dita as prioridades no chão-de-fábrica: As prioridades são estabelecidas pelo esquema de cores determinado pelo GP: verde - Estoque de acabados é 2/3 ou mais do nível alvo; amarelo - Estoque de acabados está entre 2/3 e 1/3 do nível alvo; vermelho - Estoque de acabados é menor que 1/3 do nível alvo. A região vermelha é também chamada de nível de emergência (SCHRAGENHEIM, DETTMER e PATTERSON, 2009). Essa funcionalidade é contemplada no sistema e a Figura 32 abaixo a demonstra.

Figura 32 – Calculo do status do pulmão

The screenshot shows a software window titled 'EMPRESA: 1 - EMPRESA 01 - BALAS - [P1000]'. The main area is 'PEDIDOS DE VENDAS' for 'GRUPO: BALAS'. It displays a list of sales orders with columns for 'NRD', 'CÓD. PRODUTO', and 'QTDADE'. A callout box points to the 'QTDADE' column, stating: 'Status do pulmão de cada produto identificado pelas cores: vermelha, amarela e verde.' Below the list is a 'Gerenciamento do pulmão' table with columns for 'CÓD', 'ESTOQUE ALVO', 'ESTOQUE ATUAL', 'DEMANDA DIÁRIA', 'SALDO ESTOQUE', 'NECESS. SEÇÃO', 'WIP', 'STA. TUS', 'N. FENETR.', 'A. PRODUIZ.', 'DIAS I.', and 'QTD. I. VERRU'. The table contains data for products 1073, 4553, 4620, and 3403. At the bottom, there is a 'Carga Planejada RRC em segundos' field set to 0 and a 'Data:' field set to 04/01/2011.

PRODUTO	1073	3403	4553	4620
Qtdade	212	180	206	200

CÓD	ESTOQUE ALVO	ESTOQUE ATUAL	DEMANDA DIÁRIA	SALDO ESTOQUE	NECESS. SEÇÃO	WIP	STA. TUS	N. FENETR.	A. PRODUIZ.	DIAS I.	QTD. I. VERRU	
1073	BALA DURA HORTELA 301	242	242	212	30	212	0	VM	87,60	212	0	96
4553	BALA DURA CEREJA SM 1	240	240	206	34	206	0	VM	85,83	206	0	104
4620	BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	240	240	200	40	200	0	VM	83,33	200	0	68
3403	BALA GOOD GURTE 45X71	241	241	180	61	180	0	VM	74,69	180	0	58

Fonte: Sistema MASTER

#### 4.3.7 Identificação de cores a cada ordem de produção (em função do status do pulmão)

Depois de efetuado o cálculo das necessidades para reposição do estoque alvo, é gerado uma ordem de produção para cada produto, assim o status da ordem de produção, no primeiro momento, é o status do produto conforme mostra a Figura 32.

#### 4.3.8 Acompanhamento da localização da ordem de produção ao longo do roteiro de produção

A partir do cadastro dos equipamentos e de sua sequência dentro do chão de fábrica, o sistema monta a ordem de utilização dos mesmos demonstrando a localização da ordem de produção ao longo do roteiro de produção. A Figura 33 demonstra essa funcionalidade.

Figura 33 – Acompanhamento da ordem de produção ao longo do roteiro de produção

EMPRESA: 1 - EMPRESA 01 - BALAS - [P1000]

AMBIENTE DE PRODUÇÃO | BALANÇO/DRE | POLÍTICAS

EMPRESA: 1 - EMPRESA 01 - BALAS | MASTER

**PEDIDOS DE VENDAS** | GRUPO: BALAS

NRO	CÓD. PRODUTO	QTDDE
1	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	15
2	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	57
3	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	21
4	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	83
5	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	7
6	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	2
7	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	3
8	3403 BALA GOOD GURTE 45X75	
9	3403 BALA GOOD GURTE 45X75	

Período de Até:  Um dia  Uma semana  Um mês  Um ano  Próx. mês  Próx. ano

Produto	1073	3403	4553	4620
Qtdde	212	180	206	200

Gerenciamento do pulmão

CCC	ESTOQUE ALVO	ESTOQUE ATUAL	DEMANDA DIÁRIA	SALDO ESTOQUE	NECES. SÓLIDE	WIP	STA TUS	% FENETR.	A PRODUIR	DIAS Z. VENCE	QTD Z. VERRA
1073	BALA DURA HORTELA 301	242	242	212	30	212	0 VM	87.60	212	0	96
4553	BALA DURA CEREJA SM 1	240	240	206	34	206	0 VM	85.83	206	0	104
4620	BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	240	240	200	40	200	0 VM	83.33	200	0	68
3403	BALA GOOD GURTE 45X75	241	241	180	61	180	0 VM	74.69	180	0	58

Carga Planejada RRC em segundos: 0 | Data: 04/01/2011

Record: 1/1 | <OSC> <DBG>

Windows taskbar: 14:55

Fonte: Sistema MASTER

#### 4.3.9 Cálculo da carga planejada

Para Schragenheim, Dettmer e Patterson (2009), a carga planejada é definida como o acúmulo de carga no RRC resultante de todos os pedidos firmes que precisam ser entregues dentro de certo horizonte de tempo. Em cima da disponibilidade de tempo do RRC são geradas as ordens de produção que entrarão no chão de fábrica. A Figura 34 ilustra a tela que traz essa funcionalidade.



Figura 34 – Cálculo da carga planejada

The screenshot displays the 'PEDIDOS DE VENDAS' (Sales Orders) window in a software application. The window title is 'Empresa: 1 - EMPRESA 01 - BALAS - [P1000]'. The main area shows a list of sales orders with columns for 'NRº', 'CÓD. PRODUTO', and 'QTDADE'. The orders are for 'BALA MISTER TOFFEE 34 X 3' and 'BALA GOOD GURTE 45X75X3'. A summary table below the list shows the total quantity for each product code. A callout box labeled 'Cálculo da carga planejada' points to the 'Carga Planejada RRC em segundos' field, which is currently set to 0. The interface also includes a 'Gerenciamento do pulmão' (Inventory Management) table with columns for 'COD', 'ESTOQUE ALVO', 'ESTOQUE ATUAL', 'DEMANDA DIÁRIA', 'SALDO ESTOQUE', 'NECESS. SEQUE', 'WIP', 'STA. TUS', '% FENETR.', 'A PRODUIR', 'DIAS I. VENCE', and 'QTD I. VERRA'. The date is set to 04/01/2011.

NRº	CÓD. PRODUTO	QTDADE
1	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	15
2	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	57
3	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	21
4	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	83
5	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	7
6	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	2
7	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	3
8	3403 BALA GOOD GURTE 45X75X3	2
9	3403 BALA GOOD GURTE 45X75X3	97

Produto	1073	3403	4553	4620
Qtidade	212	180	206	200

COD	ESTOQUE ALVO	ESTOQUE ATUAL	DEMANDA DIÁRIA	SALDO ESTOQUE	NECESS. SEQUE	WIP	STA. TUS	% FENETR.	A PRODUIR	DIAS I. VENCE	QTD I. VERRA
1073 BALA DURA HORTELA 301	242	242	212	30	212	0	VM	87,60	212	0	96
4553 BALA DURA CEREJA SM 1	240	240	206	34	206	0	VM	85,83	206	0	104
4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	240	240	200	40	200	0	VM	83,33	200	0	68
3403 BALA GOOD GURTE 45X75X3	241	241	180	61	180	0	VM	74,69	180	0	58

Fonte: Sistema MASTER

#### 4.3.10 Regras de liberação de ordens de produção para o chão-de-fábrica em função da carga planejada no RRC

A Figura 34 identifica o cálculo da carga planejada e a liberação de ordens de produção é efetuada em função desse cálculo. Conforme já explicado anteriormente, a Carga Planejada é definida como o acúmulo de carga no RRC resultante de todos os pedidos firmes que precisam ser entregues dentro de certo horizonte de tempo (SCHRAGENHEIM; DETTMER; PATTERSON, 2009). Segundo Souza e Baptista (2009) para saber se um gargalo está emergindo, compara-se a carga planejada no RRC (em horas) imposta pelos pedidos a serem entregues dentro de um determinado horizonte de tempo com a quantidade de horas de trabalho permitidas pelo próprio horizonte de tempo.

#### 4.3.11 Vinculação de vendas ao desempenho operacional (quanto menor o índice de rupturas, maior a demanda).

O sistema premia o usuário com um aumento na demanda quanto maior for o seu nível de serviço (NS). Conforme ilustrado na Figura 35, a demanda é

incrementada em função do NS que o aluno consegue executar. Mantendo um NS de 75 a 85%, sua demanda permanecerá estável. Abaixo disso, sua demanda sofrerá uma redução de 30%. Ao mesmo tempo, se o seu NS for de 85 a 90%, a demanda será aumentada em 10%. Se for de 91 a 95%, terá um acréscimo de 20%. Se for de 96 a 99%, será incrementada em 30%. Acima disso, terá um aumento de 35%. O sistema efetua essa verificação todo primeiro dia do próximo mês subsequente, atualizando a respectiva demanda.

Figura 35 – Parâmetros para aumento da demanda em função do nível de serviço

Empresa: 1 - EMPRESA 01 - BALAS - [P0024]      USUÁRIO: MASTER

**GERAL**

TIPO	QTD	PROBABILIDADE	QTD.INICIAL	QTD.FINAL
1	180	1	1	1
1	184	2	2	3
1	188	3	4	6
1	192	6	7	12
1	196	20	13	32
1	200	36	33	68
1	204	20	69	88
1	208	6	89	94
1	212	3	95	97
1	216	2	98	99

**USUÁRIO**

TIPO	QTD	INICIO	FINAL
1	180	1	1
1	184	2	3
1	188	4	6
1	192	7	12
1	196	13	32
1	200	33	68
1	204	69	88
1	208	89	94
1	212	95	97
1	216	98	99

**NÍVEL DE SERVIÇO**

INICIO	FINAL	%
0	74	0.7
75	85	1
86	90	1.1

Demanda é incrementada em função do nível de serviço

Fonte: Sistema MASTER

#### 4.3.12 Permissão para compra de equipamentos, definindo prazos de entrega e investimentos.

Para efeito de simplificação do modelo, foi adotado o seguinte critério: a compra do equipamento sempre será a vista e a entrega imediata. É necessário que o aluno tenha saldo em caixa para efetuar a compra. A Figura 36 ilustra essa funcionalidade dentro do sistema.

Figura 36 – Compra de equipamentos

The screenshot shows the MASTER system interface for 'EMPRESA: 1 - EMPRESA 01 - BALAS - [P1000]'. The main window is titled 'PEDIDOS DE VENDAS' (Sales Orders) and displays a list of orders. A 'GERENCIAMENTO DE CAPACIDADE' (Capacity Management) dialog box is open, showing a table of equipment codes and quantities. A callout box points to the dialog with the text 'Compra de equipamentos'.

NRO	CÓD. PRODUTO	QTD
1	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	15
2	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	57
3	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	21
4	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	83
5	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	7
6	4620 BALA MISTE	
7	4620 BALA MISTE	
8	3403 BALA GOOD	
9	3403 BALA GOOD	

COD	ESTOQUE ALVO	ESTOQUE ATUAL	DEMANDA DIARIA	SALDO ESTOQUE	NECES. SECHOS	WIP	STA. TUS	% FENETR.	A. PRODUIZ.	DIAS Z. VERDE	QTD Z. VERDE	
1073	BALA DURA HORTELA 30I	242	242	212	30	212	0	VM	87.60	212	0	96
4553	BALA DURA CEREJA SM 1	240	240	206	34	206	0	VM	85.83	206	0	104
4620	BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	240	240	200	40	200	0	VM	83.33	200	0	68
3403	BALA GOOD GURTE 45X7I	241	241	180	61	180	0	VM	74.69	180	0	58

Fonte: Sistema MASTER

#### 4.3.13 Baixa automática de insumos em função da produção

O sistema efetua essa funcionalidade baixando automaticamente os insumos em função da produção. Os produtos possuem cadastros de sua respectiva *Bill of Materials* e através dessa lista é efetuada a baixa.

#### 4.3.14 Compras automáticas de insumos em função da produção

O sistema possui essa funcionalidade. Baseado no ponto de pedido de cada insumo, o sistema efetua a compra automaticamente em função do nível de estoque de cada um deles respeitando o lote mínimo imposto pelo fornecedor.

#### 4.3.15 Opções de fornecimento, com variações de preço e prazo de entrega.

A Figura 37 ilustra essa funcionalidade. Há opções para se efetuar o cadastro de vários fornecedores para o mesmo produto, com seus preços e prazos de entrega respectivos. Deve-se deixar evidenciado o fornecedor padrão, ou seja, aquele que o sistema utilizará para fazer as compras automáticas.

Figura 37 – Cadastro de insumos com opções de fornecimento, preços e prazos de entrega.

EMPRESA: 1 - EMPRESA 01 - BALAS      USUÁRIO: MASTER

**GRUPO DE INSUMOS**

CÓD.	DESCRIÇÃO
0004	AROMAS
0005	FILMES
0006	CORANTES
0007	CAIXAS

**INSUMOS**

CÓD.	DESCRIÇÃO	UN	GRUPO DE INSUMOS	PUNTO DE ESTOQUE	PEDIDO	INICIAL	UN	FACTOR
35	AROMA ART MORANGO	KG	4	AROMAS			GR	1000
36	AROMA ART MORANGO C/ YOGURT	KG	4	AROMAS	23	23	KG	1
39	AROMA ID NAT LARANJA	KG	4	AROMAS				
42	AROMA ID NAT LEITE CONDENSADO	KG	4	AROMAS	2	2		

**FORNECEDORES**

CÓD.	DESCRIÇÃO	PRAZO DE ENTREGA	CUSTO	LOTE MÍNIMO	PRAZO PAGO	ATUAL
3004882	BEV FOODS IND COM ADIT P ALIM E COS	1	25 50	2	28	<input checked="" type="checkbox"/>
3004151	CARGILL AGRICOLA S/A (COSMOPOLIS)	1	26 00	2	28	<input type="checkbox"/>

Fornecedores com preços e prazos de entrega e pagamento

Código do Grupo: Record: 1/7      <DSC> <DBG>

Fonte: Sistema MASTER

#### 4.3.16 Geração aleatória de demanda

Para a geração aleatória da demanda, utilizou-se da Técnica de Monte Carlo. Segundo Tanabe (1977), essa simulação originou-se como técnica, nos estudos de Von Neumann e Ulan que aplicaram um tratamento probabilístico para resolver um problema determinístico no projeto de construção da bomba atômica.

Quadro 4 – Simulação de Monte Carlo

EMPRESA	TIPO	QTDAD	INÍCIO	FINAL
1	1	180	1	1
1	1	184	2	3
1	1	188	4	6
1	1	192	7	12
1	1	196	13	32
1	1	200	33	68
1	1	204	69	88
1	1	208	89	94
1	1	212	95	97
1	1	216	98	99
1	1	220	100	100

Fonte: Sistema MASTER

Para cada tipo de produto é definido um intervalo de início e final. O Quadro 4 identifica o tipo de produto 1 (o produto que vende mais em relação aos outros). O *software* gera um número aleatório que será confrontado com as colunas INÍCIO e FINAL e a demanda desse produto será o campo QTDADE.

A Figura 38 identifica essa funcionalidade dentro do sistema.

Figura 38 – Parâmetros para geração aleatória

The screenshot shows the 'SIMULAÇÕES' window with the following data:

TIPO	QTD	PROBABILIDADE	QTD_INICIAL	QTD_FINAL
1	180	1	1	1
1	184	2	2	3
1	188	3	4	6
1	192	6	7	12
1	196	20	13	32
1	200	36	33	68
1	204	20	69	88
1	208	6	89	94
1	212	3	95	97
1	216	2	98	99

TIPO	QTD	INÍCIO	FINAL
1	180	1	1
1	184	2	3
1	188	4	6
1	192	7	12
1	196	13	32
1	200	33	68
1	204	69	88
1	208	89	94
1	212	95	97
1	216	98	99

INÍCIO	FINAL	%
0	74	0.7
75	85	1
86	90	1.1

Fonte: Sistema MASTER

#### 4.3.17 Permissão de execução de horas extras no chão de fábrica

Ao clicar o botão dessa funcionalidade na tela de Ambiente de produção, é apresentada ao aluno a opção conforme mostra a Figura 39.

O aluno deverá indicar o intervalo que deseja efetuar horas extras. Os parâmetros para cálculo de horas extras estão cadastrados no cadastro da empresa.

Após informar o intervalo, o sistema calcula o custo dessa execução e demonstra para o aluno aguardando a confirmação do mesmo para que isso seja imposto ao *software*.

Figura 39 – Recurso de horas extras

Empresa: 1 - EMPRESA 01 - BALAS - [P1000]

Cadastros Consultas Atualizações Auxiliares Saída Window

AMBIENTE DE PRODUÇÃO BALANÇO/DRE POLÍTICAS

EMPRESA: 1 - EMPRESA 01 - BALAS MASTER

GRUPO: BALAS

PERÍODO DE ATÉ

Um dia  Próx. mês   
 Uma semana  Próx. ano   
 Um mês   
 Um ano  OK

HORAS EXTRAS

Período de: 04/01/2011 OK

CUSTO TOTAL

Produto	1073	3403	4553	4620
Qtzade	212	180	206	200

Gerenciamento do pulmão

PROD	ESTOQUE ALVO	ESTOQUE ATUAL	DEMANDA DIÁRIA	SALDO BRUTO	NECESS. SÓCIDE	WIP	STA TUS	% FECHET.	A PRODUCIR	DIAS Z. VENDE	QTD Z. VERU
1073 BALA DURA HORTELA 301	242	242	212	30	212	0	VM	87,60	212	0	96
4553 BALA DURA CEREJA SM 1	240	240	206	34	206	0	VM	85,83	206	0	104
4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	240	240	200	40	200	0	VM	83,33	200	0	68
3403 BALA GOOD GURTE 45X75X30	241	241	180	61	180	0	VM	74,69	180	0	58

Carga Planejada RRC em segundos: 0 Data: 04/01/2011

Record: 1/1 <OSC> <DBG>

18:48

Fonte: Sistema MASTER

#### 4.3.18 Tipos de demanda diferentes (produtos que vendem mais e menos)

Utilizando a mesma tabela ilustrada na Figura 38, o sistema calcula demandas diferentes em função do tipo de produto. O tipo de produto também é definido de forma aleatória pelo sistema no início.

#### 4.3.19 Plantas de fábricas totalmente parametrizáveis

O Sistema permite cadastrar os mais variados tipos de empresas com seus respectivos produtos, fichas técnicas com os fornecedores dos insumos, chão de fábrica com seus equipamentos, tempos de setup e manutenção.

#### 4.3.20 Identificar a estrutura de cada produto final (*Bill of material*)

A Figura 40 ilustra a tela que apresenta essa funcionalidade dentro do software. Nessa tela está cadastrada a respectiva ficha técnica ou lista de materiais dos produtos acabados. Em função dessa lista será efetuada a baixa dos insumos de forma automática.

Figura 40 – Bill of material

Empresa: 1 - EMPRESA 01 - BALAS - [P0012]  
 Cadastros Consultas Atualizações Auxiliares Saída Window

PRODUTOS ACABADOS  
 EMPRESA: 1 - EMPRESA 01 - BALAS USUÁRIO: MASTER

LINHA DE PRODUTOS  
 Cód. Descrição  
 0001 BALAS

PRODUTOS											UNIDADES	
CÓD.	DESCRIÇÃO	UN	LINHA	EST	EST	LT	FAT	UN	FATOR			
				ALUD	INI	PRD	PU	GTU	SEQ			
1073	BALA DURA HORTELA 300 GR 25X400	FD	1	BALAS	242	242	5	43.52	0	1.2	CX	1
3403	BALA GOOD GURTE 45X75X300	CX	1	BALAS	241	241	5	43.16	0	1.2	FD	1
4553	BALA DURA CEREJA SM 100	CX	1	BALAS	240	240	5	25.04	0	1.2	KG	10
4620	BALA MISTER TOFFEE 34 X 300 GR	CX	1	BALAS	240	240	5	43.16	0	1.2		

FICHA TÉCNICA				EQUIPAMENTOS				TEMPO	TEMPO	
CÓD.	MATERIAL	UN	FATOR	SEQ	EQUIPTO	FA	TOR	UN	MINUTO	DE
										SETUP
1	ACUÇAR	KG	6.3000	1	1	DISSOLVEDOR	300	KG	5	0
4	GLUCOSE	KG	5.0250	2	2	MACHO - BALA	60	KG	6	0
410	FILME HORTELA (BALA DURA)	KG	0.2775	3	3	BALA	60	KG	3	0
234	LAM PLAST 48X25X0.06 HORTELA REFRES	KG	0.2100	4	4	BATEDOR	48	KG	8	0
2	ACIDO CITRICO	KG	0.0600	5	5	EXTRUSORA	8	KG	5	0

Código do Grupo  
 Record: 1/1

Fonte: Sistema MASTER

#### 4.3.21 Permitir que o usuário avance o tempo por intervalos em dia, semana, mês, ano etc.

É permitido ao usuário avançar por intervalos determinados. O sistema automaticamente vai efetuando os cálculos para produção, gerando uma nova demanda, efetuando a produção, dando baixa nos insumos, gerando os pedidos de compras automaticamente em função do intervalo solicitado.

A Figura 41 ilustra essa funcionalidade no sistema.

Figura 41 – Avanço do tempo por intervalos

Empresa: 1 - EMPRESA 01 - BALAS - [P1000]

Cadastros Consultas Atualizações Auxiliares Saída Window

AMBIENTE DE PRODUÇÃO BALANÇO/DRE POLÍTICAS

EMPRESA: 1 - EMPRESA 01 - BALAS MASTER

**PEDIDOS DE VENDAS** GRUPO: BALAS

DATA: 04/01/2011  
HORARIO: 08:00:00  
Data final Programada:   
Pedidos: Solicitados: 32, Atendidos: 32, Recusados: 0

NRD	COD. PRODUTO	QTD	QTADE
1	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	15	
2	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	57	
3	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	21	
4	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	83	
5	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	7	
6	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	2	
7	4620 BALA MISTER TOFFEE 34 X 3	3	
8	3403 BALA GOOD GURTE 45X75X30	2	
9	3403 BALA GOOD GURTE 45X75X30	97	

Produto: 1073, 3403, 4553, 4620  
Qtade: 212, 180, 206, 200

Gerenciamento do pulmão

COD	ESTOQUE ALVO	ESTOQUE ATUAL	DEMANDA DIARIA	SALDO ESQUE	NECES. SÓCDE	WIP	STA TUS	% PENETR.	A PRODUZIR	DIASZ. VENDE	QTDZ. VERU
1073	BALA DURA HORTELA 30	242	242	212	30	212	0 VM	87.60	212	0	96
4553	BALA DURA CEREJA SM 1	240	240	206	34	206	0 VM	85.83	206	0	104
4620	BALA MISTER TOFFEE 34	240	240	200	40	200	0 VM	83.33	200	0	68
3403	BALA GOOD GURTE 45X75	241	241	180	61	180	0 VM	74.69	180	0	58

Carga Planejada RRC em segundos: 0 Data: 04/01/2011

Record: 1/1

Ferramentas Oracle 18:48

Fonte: Sistema MASTER

#### 4.3.22 Definição da política de compras (escolha do fornecedor, prazos de entregas, custos, etc.).

Há opções para se efetuar o cadastro de vários fornecedores para o mesmo produto, com seus preços e prazos de entrega respectivos. Deve-se deixar evidenciado o fornecedor padrão, ou seja, aquele que o sistema utilizará para fazer as compras automáticas. A Figura 37 ilustra essa funcionalidade.



## 5. PLANO DE AULA PARA UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE MASTER

O sistema desenvolvido é uma ferramenta de apoio ao ensino da abordagem MTA. Assim, ele não substitui as explicações teóricas que deverão ser efetuadas normalmente pelo docente. A seguinte sequência teórica deveria ser elucidada para os alunos antes de seu uso em sala de aula:

- Apresentação da TOC e de seus princípios.
- Apresentação do método TPC Clássico.
- Apresentação do método TPC-S e sua aplicação em ambientes MTO.
- Explicação sobre a abordagem MTS.
- O MTS sob a perspectiva da TOC.
- Previsões na TOC.
- Os princípios da abordagem MTA:
  - Tempo de reabastecimento.
  - Estoque alvo.
  - Ordem de produção para completar estoque alvo.
  - Produção é efetuada de acordo com o status do pulmão.
  - Gerenciamento dinâmico dos pulmões.
- Conceituação sobre carga planejada.

Após essa base teórica, o docente poderá utilizar o *software* MASTER. Inicialmente, o módulo *client* deverá estar instalado e configurado em todas as máquinas utilizadas pelos alunos. A explicação sobre instalação e configuração desse módulo está no anexo dois do presente trabalho. Após esse passo, o docente deverá entrar no sistema MASTER utilizando-se do usuário MASTER e respectiva senha.

A Figura 42 ilustra a tela em que o docente poderá cadastrar os alunos. Quando do primeiro acesso do aluno no sistema, será solicitada a sua troca de senha, sendo que a senha inicial corresponderá sempre ao mesmo nome do usuário.

Recomenda-se, como o primeiro passo, ensinar o cálculo do estoque alvo. Para efeito didático, ou seja, permitir que o aluno aprenda a calcular manualmente o estoque alvo inicial, o sistema calcula esse dado, mas apenas irá atualizar no respectivo campo se essa funcionalidade estiver ativada pelo docente no cadastro de empresa do respectivo produto.

Figura 42 – Manutenção de usuários



Fonte: Sistema MASTER

Se o cálculo foi efetuado manualmente pelo aluno, ele deverá ser impostado ao sistema por meio da tela de políticas de marketing e compras disponíveis na aplicação P1000 (ambiente de produção) na aba POLÍTICAS. Com essa tela, o aluno poderá também alterar os outros parâmetros nela disponíveis, tais como “lead time de produção”, “preço de venda”, “ponto de pedido” dos insumos e selecionar qual é o fornecedor atual dos insumos.

Após ter definido no sistema o estoque alvo inicial dos produtos acabados, o aluno poderá iniciar suas simulações e avançar o tempo conforme sua estratégia. Neste sentido, é importante que o aluno veja a evolução do estoque alvo, tempo de permanência na zona verde do pulmão e quantidade de unidades de penetração na zona vermelha. Recomenda-se, portanto, nas primeiras rodadas que os alunos avancem o tempo diariamente e observem esse comportamento do estoque alvo.

O sistema gera automaticamente a demanda diária. Em função dessa demanda, é efetuada a baixa no estoque dos produtos acabados (quando possível)

e atualizado o índice de nível de serviços (NS). O NS diminui sempre que o cliente fizer um pedido – simulado pelos valores da demanda - e não houver estoque de produto acabado disponível para pronta entrega. Ao mesmo tempo, os insumos são baixados e é gerada uma ordem de reposição do estoque alvo segundo o esquema MTA. O aluno poderá manipular essa quantidade que o sistema determinou se entender por necessário.

O aluno tem a sua disposição também a situação financeira da empresa atualizada diariamente mediante uso da aba BALANÇO/DRE. Também está disponível para o aluno a funcionalidade de horas extras e compras de equipamentos conforme demonstrado na Figura 43.

Figura 43 – Ambiente de produção

The screenshot displays the 'AMBIENTE DE PRODUÇÃO' interface. The main window shows 'EMPRESA: 1 - EMPRESA 01 - BALAS' and 'MAURICIO'. The 'PEDIDOS DE VENDAS' section lists 9 orders for 'BALA DURA CEREJA SM 100' with quantities ranging from 1 to 54. A 'Período de' dialog box is open, showing options for time periods: 'Um dia', 'Uma semana', 'Um mês', 'Um ano', 'Próx. mês', and 'Próx. ano'. Callouts point to 'Horas extras', 'Compra de equipamentos', 'Avanço do tempo', and 'Nível de serviços'. At the bottom, a 'Mantimento do pulmão' table shows inventory and demand data for various products.

COD	ESTOQUE ALVO	ESTOQUE ATUAL	DEMANDA DIARIA	SALDO ESTOQUE	NECESS. SÓC	WIP	STA TUS	% FENETR.	A PRODUCIR	DIASZ. VERDE	OTDZ. VERDE	
4553	BALA DURA CEREJA SM 1	236	236	200	36	200	0	VM	84.75	200	0	43
3403	BALA GOOD GURTE 45X7	241	241	196	45	196	0	VM	81.33	196	0	35
1073	BALA DURA HORTELA 30	237	237	192	45	192	0	VM	81.01	192	0	34
4620	BALA MISTER TOFFEE 34	242	242	180	62	180	0	VM	74.38	180	0	19

Fonte: Sistema MASTER

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, a quantidade de informações e conhecimentos necessários para o ensino e exercício da Engenharia de Produção é enorme. Neste contexto, a utilização de ferramentas computacionais de apoio torna-se essencial. Há uma crescente preocupação com o ensino nos vários níveis de educação. A utilização de *softwares* de ensino é uma forma de ensinamento que se tem mostrado adequada e o PCP é uma importante área da Engenharia de Produção.

A TOC, com sua abordagem MTA, parte de premissas nem sempre facilmente compreendidas por alunos ou pessoas ligadas às organizações, o que parece favorecer a utilização de formas não convencionais de ensino, como aplicação de jogos ou simuladores.

Essa pesquisa teve como objetivo geral desenvolver um *software* para apoio ao ensino dos métodos TPC-S e GP em ambientes MTS. Para isso foi efetuada uma pesquisa sobre os *softwares* de ensino atuais de uso da TOC, identificando e levantando as funcionalidades e características que esse tipo de *software* de ensino deveria possuir e demonstrado um plano de aula para utilização do *software* de ensino desenvolvido.

O *software* de ensino apresentado e criado neste trabalho permite simular vários meses de operação de uma empresa no intervalo de poucos minutos, através da repetição do processo. As funções de uma empresa são sempre relacionadas e uma decisão sempre interfere em outras, permitindo uma visão global do problema em questão. Os parâmetros do jogo podem ser alterados para ajustes mais finos ou para um cenário específico de estudo, tais como períodos e horizontes de tempo.

O *software* desenvolvido buscou proporcionar o máximo possível das funcionalidades tidas como fundamentais e recomendáveis pelos especialistas em TOC. O sistema MASTER se encontra em sua primeira versão de funcionamento e algumas funcionalidades determinadas pelos especialistas como indispensáveis ainda não estão contempladas no *software*. A justificativa de ausência dessas funcionalidades se fundamenta na dificuldade de sua implantação, pelo tempo restrito e cumprimento de prazos em um curso de Mestrado.

No que concerne à questão de pesquisa desse trabalho, foi efetuada pesquisa junto aos especialistas em TOC que responderam ao questionário contido no Anexo 1 dizendo quais funcionalidades que esse *software* deveria possuir. O

Quadro 2, por sua vez, demonstra um resumo dessas funcionalidades classificadas de acordo com critérios já explicados nesse trabalho.

Dentre as limitações do *software* desenvolvido, destaca-se que, por ter sido desenvolvido segundo uma arquitetura cliente-servidor, é necessária a instalação do módulo cliente em cada máquina que for executar o *software*. Assim como, pelo fato dele ter sido desenvolvido em ambiente de banco de dados, exige-se um recurso computacional maior dos equipamentos que forem utilizá-lo. Dentre as dificuldades da utilização desse software, está o custo de aquisição e treinamento dos alunos.

Esta pesquisa deve ser precedida por novos desenvolvimentos de *softwares* de ensino em TOC, especialmente aplicados em ambientes MTS, os quais devem incorporar as demais funcionalidades aqui não contempladas. Pesquisas futuras também deveriam testar, em ambientes de sala de aula, o *software* desenvolvido, com o intuito de obter *feedbacks* relativos a eventuais *bugs* ou de necessárias funcionalidades não identificadas. Experiências em sua aplicação, como instrumento pedagógico de formação de engenheiros de produção, também deveriam permitir reavaliações na forma de utilizá-lo, ajustando os planos de ensino.

Nesse sentido, esta dissertação visou uma contribuição para a continuação de estudos e pesquisas já realizados no Departamento de Engenharia de Produção da UNESP - Bauru, especialmente no que tange aos temas *softwares* de ensino e TOC.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHAM, T. Evaluating the virtual management information systems (MIS) classroom. **Journal of Information System Education**. Tomo13, Nº2. West Lafayette, 2002, p.125-133.

ANDRADE, L. B. **O que é a Engenharia de Produção?** [2010]. Disponível em: < <http://producao.tripod.com/oqueeh/oqueeh.html>>. Acesso em: 14 nov. 2010.

ALMEIDA, G. V.; SOUZA, F. B.; BAPTISTA, H. R. Toyota e TOC: uma comparação com base em seus princípios fundamentais. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, XIII, 2010, São Paulo. **Anais eletrônicos...** São Paulo: FGV-EAESP, 2010. Disponível em: < [http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2010/artigos/E2010\\_T00216\\_PCN99198.pdf](http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2010/artigos/E2010_T00216_PCN99198.pdf)>. Acesso em: 17 dez 2010.

ANTONIO, D. G.; WERNECK, A. M. F.; PIRES, S. R. I. Simulação, cenários, jogos e cases aplicados no ensino da Engenharia de Produção. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XII, 2005, Bauru. **Anais eletrônicos...** Bauru: UNESP, 2005. Disponível em: < [http://www.simpep.feb.unesp.br/anais\\_simpep\\_aux.php?e=12](http://www.simpep.feb.unesp.br/anais_simpep_aux.php?e=12)>. Acesso em 07 out. 2010.

ARBEX, M. A. O valor pedagógico dos jogos de empresa na aprendizagem de gestão de negócios. **Revista da FAE**, Curitiba, v. 8, n. 2, jul./dez. 2005, p. 81-89.

BASÍLIO, J. et al. Proposta para um conjunto de etapas para implantação do método Tambor-Pulmão-Corda – TPC. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XV, 2008, Bauru. **Anais eletrônicos...** Bauru: UNESP, 2008. Disponível em: < <http://www.logisticadescomplicada.com/wp-content/uploads/2009/11/Proposta-para-implantação-do-TPC.pdf> >. Acesso em: 03 out. 2010.

**BEER GAME – OGG**. Disponível em: < <http://ogg.com.br/bg/>>. Acesso em: 15 jan. 2011.

BELHOT, R. V.; FIGUEIREDO, R. S.; MALAVÉ, C. O. O uso da simulação no ensino de engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 2001, Porto Alegre. **Anais eletrônicos...** Porto Alegre: ABENGE, 2001.

BEN-ZVI, T. Using business games in teaching DSS. **Journal of Information Systems Education**, v. 18, n. 1, p. 113-124, 2007.

BERRETINI, A. **Uma análise de jogos de empresas na área de Planejamento da produção e uso integrado de Sistemas de informações**. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2010. 136p.

BERNARD, R. **Métodos de Jogos de Empresa/Simulação Gerencial**. In: MARION, José Carlos; MARION, Arnaldo Luis Costa. Metodologias de Ensino na Área de Negócios. São Paulo: Atlas. 2006, p.83-114.

BORDENAVE, J. D; PEREIRA, A. M. **Estratégias de ensino-aprendizagem**. 5 ed. Petrópolis: Vozes, 1983.

BOYD, L.H. and GUPTA, M.C. "Constraints management: what is the theory?" **International Journal of Operations & Production Management**, v. 24 n. 4, 2004, p. 350-71.

BRAGA, W. **Modelando o ensino de engenharia**. VII Encontro Ensino em Engenharia. Petrópolis, RJ, 2001.

CARVALHO, A. M. C. Dinamizando programas de ensino: uma crítica à adoção de Jogos de Empresas na formação gerencial. In: SIMPEP, 12, 2005, Bauru. **Anais eletrônicos**... Bauru: UNESP, 2005. Disponível em: <[http://www.simpep.feb.unesp.br/anais\\_simpep\\_aux.php?e=12](http://www.simpep.feb.unesp.br/anais_simpep_aux.php?e=12)>. Acesso em: 13 jan. 2011.

CHAKRAVORTY, S. S.; ATWATER, J. B. The impact of free goods on the performance of drum-buffer-rope scheduling systems. **International Journal of Production Economics**. v. 95, n. 3, Mar. 2005, , p. 347-357.

COGAN, S. **Contabilidade gerencial**: uma abordagem da teoria das restrições. São Paulo: Saraiva, 2007.

COHEN, K. J., RHENMAN, E. The role of management games in education and research. **Management Science**. v. 7, n. 2, jan. 196, p. 131-166.

COLLATTO, D. C.; REGINATO, L. Método de Custeio Variável, Custeio Direto e Teoria das Restrições no Contexto da Gestão Estratégica de Custos: Um Estudo Aplicado ao Instituto de Idiomas Unilínguas. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE CUSTOS, IX, 2005, Florianópolis. **Anais eletrônicos**... Florianópolis: Unisinos, 2005. Disponível em: < <http://pessoas.feb.unesp.br/vagner/files/2009/02/variavel-e-GEC.pdf>>. Acesso em: 03 out. 2010.

CORBETT, T. **Bússola financeira**: o processo decisório da teoria das restrições. São Paulo: Nobel, 2005.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. e CAON, M. **Planejamento, Programação e Controle da Produção MRP II / ERP**: Conceitos, Uso e Implantação. São Paulo: Atlas, 2001.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de Produção e Operações**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2008.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N; CAON, M. **Planejamento, Programação e Controle da Produção**. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2010.

COSTA, R. F.; SANTOS JR, B. F.; NASCIMENTO, J. V. Aplicação da Metodologia Just in Time: Um estudo de caso para otimização do gerenciamento de estoques de sacaria em uma indústria de cimento. In XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP. **Anais**. Rio de Janeiro, RJ, 2008. CD ROM

COX III, J. F; SPENCER, M. S. **Manual da teoria das restrições**. Tradução Fernanda Kohmann Dietrich. Porto Alegre: Bookman, 2002. 280 p.

DAVIES, J.; MABIN, V. J.; BALDERSTONE, S.J. The theory of constraints: a methodology apart?—a comparison with selected OR/MS methodologies. **Omega**, v. 33, n. 4, p. 506-524, Dez. 2005.

DUGAICH, R. L. C. **Jogos de Empresas e ensino de estratégia empresarial: resultados de pesquisa empírica no Brasil**. 2004. Dissertação (Mestrado em Administração), Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2004, 240 p.

FREITAS, A. P.; CRUZ, C. A.; FILHO, E. E. Contribuições dos estilos de aprendizagem no ensino das teorias administrativas em Engenharia de Produção. In: Simpósio Nacional de Engenharia de Produção - SIMPEP. **Anais**. Bauru, 2006.

GARDNER, H. F. **The Theory of Multiple Intelligences**. New York: Basic Books, 1985.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002. 175 p.

GOLDRATT, E. M. **The Choice**. Great Barrington: North River Press, 2008.

\_\_\_\_\_. **A Síndrome do palheiro: garimpando informação num oceano de dados**. São Paulo: Fullmann, 1991.

\_\_\_\_\_. **A Meta na Prática: Livro de Exercícios da TOC**. São Paulo: Nobel, 2006.

\_\_\_\_\_. **A Corrida pela Vantagem Competitiva**. São Paulo: C. Fulmann. 1992.

\_\_\_\_\_; COX, J. **A meta: um processo de melhoria contínua**. São Paulo: Nobel, 2003.

\_\_\_\_\_. **What is this called theory of constraints and how it should be implemented?** New York: North River Press. 1990.

GRAMIGNA, M. R. **Jogos de Empresas**. 2. ed, São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

HUCZYNSKI, A.; JOHNSTON, S. P. Engineering students' use of Computer Assisted Learning (CAL). **European Journal of Engineering Education**. v. 30, n. 2, 2005, p. 287-298.

HUMPHREY, W. S. The software engineering process: definition and scope. In **Proceedings of the 4th international software process workshop on Representing and enacting the software process**, New York, NY, USA. ACM Press, 1989, p. 82–83.

ISO/IEC. **ISO/IEC 9126-1.2**, Information Technology - Software product quality - part 1: Quality model. 1998.



KADIPASAOGLU, S. N., XIANG, W., HURLEY, S. F., KHUMAWALA, B. M.: A Study on the Effect of the Extent and Location of Protective Capacity in Flow Systems. **International Journal of Production Economics**, Vol. 63, Elsevier, 2000.

KALLÁS, D. A. **Utilização de jogos de empresas no ensino da administração**. [?]. Disponível em: <<http://www.ead.fea.usp.br/semead/6semead/ensino/004ensautilizaçãodejogosdeempresas.doc>>. Acesso em: 08 nov. 2010.

KANBAN GAME. **Kanban Simulator Game** [online]. Disponível em [http://www.strategosinc.com/kanban\\_game.htm](http://www.strategosinc.com/kanban_game.htm). Acesso em: 09 jul 2011.

KENDALL, G. **Securing the future**: strategies for exponential growth using the theory of constraints, Boca Raton: St. Lucia Press. 1998.

KWONG, W. P.; FUNG, R. Design of maintenance system in MRPII. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 6. 2000.

LACRUZ, A. J. Jogos De Empresas: Considerações Teóricas. **Caderno de Pesquisas em Administração**, São Paulo, v. 11, n. 4, out/dez. 2004, p. 93-109.

LAURINDO, Fernando José Barbin and MESQUITA, Marco Aurélio de. Material Requirements Planning: 25 anos de história - Uma revisão do passado e prospecção do futuro. **Gestão e Produção** [online]. 2000, vol.7, n.3, pp. 320-337.

**LEI DE MURPHY**. Disponível em: < <http://pessoas.hsw.uol.com.br/lei-de-murphy1.htm>>. Acesso em: 07 jan. 2011.

LEIS, R. P.; KLIPPEL M.; PELLEGRIN, I.; ANTUNES JUNIOR, J. A. A utilização de jogos de simulação computacional no ensino de administração da produção: um estudo comparativo da aplicação do PSP. In: XXX ENANPAD. **Anais**. 2006.

LOPES, R. A.; LIMA, J. G. Planejamento e Controle da Produção: Um estudo de caso no setor de artigos esportivos de uma indústria manufatureira. In: XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP. **Anais**. Rio de Janeiro, RJ, 2008. CD ROM

LSSP, Laboratório. **Laboratório e Simulação da Produção** [online]. Disponível em <http://www.deps.ufsc.br/lssp/>. Acesso em 09 jul 2011.

MABIN, V.J.; BALDERSTONE, S.J. The performance of the theory of constraints methodology: Analysis and discussion of successful TOC applications. **International Journal of Operations & Production Management**. v. 23, n. 6, 2003, p. 568-595.

MACHADO, A. O; CAMPOS, C. Proposta de um jogo de empresas para a simulação de operações logísticas. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, X, 2003, Bauru. **Anais Eletrônicos...** Bauru: UNESP, 2003.

MARTINELLI, D. P. **A utilização dos jogos de empresas no ensino de administração**. Dissertação de Mestrado. São Paulo: FEA-USP, 1987.

MASSUKADO, L. M.; SCHALCH, V. Simulação no ensino de engenharia – Avaliando a aplicação do *software* Simgere sob o paradigma do “Aprender A Aprender”. **Revista de Ensino de Engenharia**. v. 26, n. 2, 40-46, 2007.

NOREEN, E. W.; SMITH, D.; MACKEY, J. **A Teoria das Restrições e suas implicações na contabilidade gerencial: um relatório independente**. São Paulo: Educator, 1996.

O'BRIEN, James A. **Sistemas de informação e as decisões gerenciais na era da internet**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2004.

OLIVARES, G. L. **Projeto de um Jogo de Empresas para a Gestão Integrada da Produção**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Centro de Tecnologia e Ciência. UENF, Rio de Janeiro, 2003.

ORACLE. **Oracle Database 10g Express Edition**. [2011a]. Disponível em: <<http://www.oracle.com/technetwork/database/express-edition/overview/index.html>>. Acesso em: 23 jul. 2011.

ORACLE. **Oracle Forms**. [2011b]. Disponível em: <<http://www.oracle.com/us/products/tools/oracle-forms-161771.html>>. Acesso em: 12 jul. 2011.

ORACLE. **Oracle Forms 6i and Reports 6i Licensing**. [2011c]. Disponível em: <<http://www.oracle.com/us/corporate/pricing/forms-reports-070602.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2011.

PALOMINO, R. C.; LANFREDI, A. A. Planejamento Agregado da Produção em uma empresa de pequeno porte: um estudo de caso. In: XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP. **Anais**. Fortaleza, CE, 2006.

PANTALEÃO, L. H.; OLIVEIRA, R. M.; ANTUNES JUNIOR, J. A. V. Utilização de um jogo de produção como ferramenta de aprendizagem de conceitos de Engenharia de Produção: o jogo do barco. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXIII, 2003, Ouro Preto. **Anais eletrônicos...** Ouro Preto: Unisinos, 2003. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2003\\_TR1104\\_0439.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2003_TR1104_0439.pdf)>. Acesso em: 07 out. 2010

PELLEGRIN, Ivan de. **Desenvolvimento de uma Ferramenta Instrucional para Engenharia de Produção**. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999.

PIRES, S. R. I. **Gestão da Cadeia de Suprimentos: Conceitos, Estratégias, Práticas e Casos – Supply Chain Management**. São Paulo: Atlas; 2004.

PLANTULLO, V. L. Um pouco além do *Just-in-Time*: uma abordagem à teoria das restrições. **Revista de Administração de Empresas**. v. 34, n. 5, 1994, p. 32-39.

PROAGE. **Politron Internet**. [online]. Disponível em [www.proage.com.br](http://www.proage.com.br). Acesso em: 06 jul 2011.

PROENÇA JÚNIOR, D. Critérios para o uso de jogos pedagógicos. In: XXIII ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Ouro Preto, MG, 21 a 24 out. 2003. **Anais...** Ouro Preto: ABEPRO, 2003.

PROTIL, R. M.; FISCHER, H. **Utilização de simuladores empresariais no ensino de ciências sociais aplicadas**: um estudo na república federal da Alemanha. Universidade Federal do Paraná (UFPR), Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Curitiba, 2005. Disponível em: <<http://www.economia.ufpr.br/publica/textos/textos.htm>>. Acesso em: 23 jan. 2011.

RAHMAN, S. Theory of constraints: A review of the philosophy and its applications. **International Journal of Operations & Production Management**. v. 18, n. 4, 1998, p. 336-355.

RAHMAN, S.: The Theory of Constraints Thinking Process Approach to Developing Strategies in Supply Chains. **The International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, Vol. 32, No. 10, Emerald, 2002.

REIS, E. S. **Teoria das Restrições e Gestão da Demanda** – Um modelo de análise conceitual. 2007. 170f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara D'Oeste.

RIEZEBOS, J., KORTE, G. J., LAND, M. J.: Improving a Practical DBR Buffering Approach Using Workload Control. **International Journal of Production Research**, Vol. 41, No. 4, 2002.

\_\_\_\_\_. **Manual do Jogo**. Versão atualizada, Bauru: UNESP, 2008.

ROGERS, C. R. **Liberdade para aprender**. Belo Horizonte: Interlivros, 1977

SABBADINI, F. S. **Gerenciamento de restrições em hospital de emergência**: um estudo de caso no Hospital Municipal Henrique Sérgio Gregori. Dissertação (Mestrado em Administração e Desenvolvimento Empresarial). Rio de Janeiro. UNESA, 2005.

SANTOS, A. R. P. et al. Aplicação da Teoria das Restrições como metodologia de otimização dos processos de produção em uma indústria de móveis de ferro. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XV, 2008, Bauru. **Anais eletrônicos...** Bauru: UNESP, 2008.

SANTOS, O. M.; SILVA, P. D. A.; FURTADO, K. G.; COGAN, S. A teoria das restrições no processo de refino de petróleo. In: CONGRESSO USP DE CONTROLADORIA E CONTABILIDADE, 6, 2006, São Paulo. **Anais eletrônicos...** São Paulo: FEA. USP, 2006. Disponível em:

<<http://www.congressoeac.locaweb.com.br/artigos62006/216.pdf>>. Acesso em 01 jan 2011.

SANTOS, M. R. G. F.; LOVATO, S. **Os Jogos de Empresas como Recurso Didático na Formação de Administradores**. 2007. Disponível em: <<http://www.cinted.ufrgs.br/ciclo10/artigos/2aMagda.pdf>>. Acesso em: 08 nov. 2010.

SAUAIA, A. C. A. **Jogos de empresas: tecnologia e aplicação**. Dissertação de Mestrado em Administração – Departamento de Administração da FEA/USP. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1989.

\_\_\_\_\_. **Laboratório de Gestão**: simulador organizacional, jogo de empresas e pesquisa aplicada. Barueri: Manole, 2008.

SELLITO, M. A. Processos de pensamento da TOC como alternativa sistêmica de análise organizacional: uma aplicação em saúde pública. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 12, n.1, Abr. 2005.

SEGERSEDT, A. Formulas of MRP. **International Journal Economics**. 1996, p.126-137.

SCHAFRANSKI, L. E. **Jogos de gestão da produção: desenvolvimento e validação**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2002.

SCHAFRANSKI, L. E.; CORNÉLIO FILHO, P.; KOPITKE, B. H.; TUBINO, D. F. Desenvolvimento de um jogo de empresas para o ensino de planejamento e controle da produção. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP. **Anais**. 1999.

SCHRAGENHEIM, A. **Gerenciando a Distribuição de Acordo com os Princípios da TOC**. [2007]. Disponível em: <<http://www.heptagon.com.br>>. Acesso em 20 jan. 2011.

SCHRAGENHEIM, E. M.; DETTMER, H. W.; PATTERSON, J. W. **Supply chain management at warp speed**. Boca Raton: Taylor & Francis, 2009.

SCHRAGENHEIM, E. Make to stock under Drum-Buffer-Rope and Buffer Management Methodology. **The Educational Society for Resource Management (APICS)**, 2002.

SCHRAGENHEIM, E. M.; DETTMER, H. W. **Manufacturing at Warp Speed**. North Press, 2001.

\_\_\_\_\_. **Managing Make-to-Stock and the concept of Make-to-Availability**. In: COX III, J. F.; SCHLEIER, J. G. (Org.). *Theory of Constraints Handbook*. New York: McGraw-Hill, 2010, p. 239-264.

SILVA, A. N.; MARTINS, D. D. S. O computador como ferramenta de ensino em Engenharia de Produção. In: SIMPÓSIO ACADÊMICO DE ENGENHARIA DE

PRODUÇÃO, IV, 2008, Viçosa. **Anais Eletrônicos...** Viçosa: UFV, 2008. Disponível em: < <http://www.saepro.ufv.br/Image/artigos/Artigo10.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2010.

SILVA, L. M. F.; PINTO, M. G.; SUBRAMANIAN, A. Utilizando o *software* Arena como ferramenta de apoio ao ensino em engenharia de produção. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXVII, 2007, Foz do Iguaçu. **Anais Eletrônicos...** Foz do Iguaçu, 2008. Disponível em: < [http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007\\_TR660482\\_9236.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007_TR660482_9236.pdf)>. Acesso em: 14 nov. 2010.

SILVA, E. D.; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4. Ed. UFSC, Florianópolis, 2005.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. Tradução Henrique Luiz Corrêa. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009. 704p.

SOUZA, F. B. Do OPT à TOC: Avanços e Mitos. **Revista Produção**, v. 15, n. 2, 2005, p. 184-197.

\_\_\_\_\_; BAPTISTA, H. R. Proposta de avanço para o método Tambor-Pulmão-Corda Simplificado aplicado em ambientes de produção sob encomenda. **Gestão & Produção**, v. 17, n. 4, p. 735-746, 2010

SOUZA, A. A. C. **Aplicação da metodologia Tambor-Pulmão-Corda (TPC) com supermercado na gestão de manufatura de eletrodos de grafite das unidades de candeias e Monterrey da Graftech International Ltd**. Dissertação de Mestrado Profissional da Escola de Administração da Universidade Federal da Bahia. Bahia. UFBA, 2006.

SRIKANTH, M. **DBR, Buffer Management, and VATI Flow Classification**. In: COX III, J. F.; SCHLEIER, J. G. (Org.). *Theory of Constraints Handbook*. New York: McGraw-Hill, 2010, p. 175-210.

STERMAN, J. Flight Simulators for Management Education. Sloan School of Management Massachusetts Institute of Technology. **Proceedings**. 1992.

TANABE, M. **Jogos de empresas**. Dissertação de Mestrado. São Paulo: FEA-USP, 1977.

TUBINO, D. F. **Manual de Planejamento e Controle da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

UMBLE, E. J., UMBLE, M.: **Integrating the Theory of Constraints into Supply Chain Management**. Decisions Sciences Institute of the 33<sup>rd</sup> Annual Meeting Proceedings, San Diego, 2002.

UMBLE, E. J.; UMBLE, M. Utilizing buffer management to improve performance in a healthcare environment. **European Journal of Operational Research**, v. 174, n. 2, 2006, p. 1060-1075.

VOLLMANN, T. E.; BERRY, W. L.; WHYBARK, D. C.; JACOBS, F. R. **Sistemas de Planejamento & Controlada Produção para o Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

WATSON, K.J.; BLACKSTONE, J.H; GARDINER, S. C. The evolution of a management philosophy: The theory of Constraints. **Journal of Operations Management**, v. 25, n 2, 2007, p.387-402.

YANG, L. Knowledge Transfer Model of Integrated System. In: School of Economy and Management, Beijing Jiaotong University. **Proceedings**. Beijing, China, 2008.

# Anexos

**Anexo 01 – Questionário aplicado aos especialistas em TOC**

Prezado (a) Senhor (a),

Sou mestrando do curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UNESP-FEB, orientando do Prof. Dr. Fernando Bernardi de Souza. Estamos pesquisando sobre *softwares* brasileiros para o ensino da Teoria das Restrições (*Theory of Constraints* – TOC), mais especificamente de suas técnicas Tambor-Pulmão-Corda Simplificado (TPC-S) e Gerenciamento do Pulmão (GP) aplicados em ambientes de produção para estoque (*make to stock* – MTS), ou modo *make to availability* (MTA) de produção. Na nossa pesquisa, um dos seus objetivos visa o desenvolvimento de um *software* para ensino dessas técnicas.

Nesse sentido, estamos fazendo uma pesquisa com um grupo de especialistas em TOC do qual gostaríamos que V.S.a fizesse parte. Assim, contamos com vossa colaboração para responder o questionário a seguir apresentado.

Cordialmente,

Mauricio Roberto Maciel



## **Dados do entrevistado**

Nome:

Empresa:

Ano de contato com a TOC:

Conhecimento ou experiência com softwares de ensino, em particular, mas não apenas, de TOC:

Certificações TOCICO:

Resumo das principais experiências com TOC:

Uso da TOC em suas atividades profissionais atuais:

## **Questionário**

1. De uma forma geral, para cada software de ensino em TOC que você conhece, quais são os seus principais pontos fortes e suas principais lacunas?
2. Você conhece softwares que permitem o ensino do TPC-S\GP em ambientes MTS?
3. No caso de resposta positiva, quais são os seus principais pontos fortes e deficiências em termos de ensino das técnicas?

4. A tabela a seguir lista algumas das possíveis funcionalidades que um eventual software de ensino de TPC-S/GP em ambientes MTS (ou o assim chamado modo MTA de produção) poderia possuir. Para cada uma delas, escolha e marque as seguintes opções:

(F) Fundamental (é essencial que o sistema a contenha)

(R) Recomendável (sua existência contribui para o aprendizado da técnica, mas não é essencial)

(D) Desnecessário (sua presença pode ser omitida sem comprometer o aprendizado da técnica)

<b>FUNCCIONALIDADE</b>	<b>F</b>	<b>R</b>	<b>D</b>
Registro do desempenho financeiro no final do período			
Identificação e cálculo das medidas: Ganho, Custo Totalmente Variável, Investimento e Despesa Operacional			
Cálculo do giro de estoque no final do período			
Previsão de Vendas			
Histórico de vendas			
RCCP (Rough Cut Capacity Planning)			
Gerenciamento dinâmico do pulmão de estoques de produtos acabados, reduzindo ou aumentando o estoque alvo em função do comportamento do nível de estoque em mãos.			
Permitir opções de regras de despacho (ordem completa ou incompleta como condição para seguir para a próxima estação, ou qualquer outra regra de sequenciamento)			
Permitir que o usuário interrompa uma ordem de produção em andamento e autorize o início de outra,			
Cálculo do nível alvo de estoque (pulmão) para cada item de produto acabado			
Cálculo do status do pulmão			
Identificação de cores a cada ordem de produção (em função do status do pulmão)			
Acompanhamento da localização da ordem de produção ao longo do roteiro de produção			

Permitir ao usuário que defina as cores em função de determinadas faixas de valores do status do pulmão (não seguindo, portanto, o default de cada cor correspondendo a 1/3 do pulmão)			
Permitir uso de lotes mínimos			
Cálculo da carga planejada			
Regras de liberação de ordens de produção para o chão-de-fábrica em função da carga planejada no RRC			
Vinculação de vendas ao desempenho operacional (quanto menor o índice de rupturas, maior a demanda)			
Permissão para compra de equipamentos, definindo prazos de entrega e investimentos.			
Demanda sensível a preço			
Baixa automática de insumos em função da produção			
Compras automáticas de insumos em função da produção			
Gerenciamento dinâmico dos pulmões de matéria-prima ou insumos			
Opções de fornecimento, com variações de preço e prazo de entrega.			
Geração aleatória de demanda			
Tipos de demanda diferentes (produtos que vendem mais e menos)			
Permissão de execução de horas extras no chão de fábrica			
Permissão de execução de turno extra de trabalho no chão de fábrica			
Plantas de fábricas totalmente parametrizáveis			
Simulação do ambiente com tempos de setups variáveis e tempos entre quebras e de manutenção de equipamentos também variáveis			
Permitir programação manual dos recursos produtivos			
Identificar a estrutura de cada produto final (Bill of material)			
Mostrar histórico de desempenho da empresa por item final			
Identificar os clientes atuais			

Mostrar histórico de desempenho por cliente final			
Permitir políticas de produção distintas por cliente e/ou por tipo de item			
Permitir que o usuário avance o tempo por intervalos em dia, semana, mês, ano etc.			
Permissão para simulação de outras abordagens de produção, como TPC Clássico, MRP/MRP II, JIT/Kanban etc.			
Simulador deveria contemplar um ambiente de sistema integrado de gestão (ERP), com visões de marketing, produção, finanças, compras etc.			
Definição da política de compras (escolha do fornecedor, prazos de entregas, custos, etc.).			
Contrato de vendas por cliente			
Informações sobre a demanda passada (vendas últimos meses, lista de contratos, gráficos de vendas).			
Informações sobre as compras anteriores (últimos meses, pedidos em aberto).			
Análise dos contratos de vendas			
Permitir ao usuário que opte por produção sob pedido (make to order – MTO)			
Permitir geração de ordens de produção para estoque (MTS) baseado em produção, mas não no modo MTA			

5. Que outras funcionalidades – não mencionadas na tabela acima - do tipo “fundamental” você acredita que um software de ensino de TPC-S/GP em ambientes MTS deveria possuir?

6. Que outras funcionalidades – não mencionadas na tabela acima - do tipo “recomendável” você acredita que um software de ensino de TPC-S/GP em ambientes MTS deveria possuir?

## GLOSSÁRIO

**ERP** – *Enterprise Resource Planning* - São sistemas de informação que integram todos os dados e processos de uma organização em um único sistema.

**JIT** - *Just in time* - É um sistema de administração da produção que determina que nada seja produzido, transportado ou comprado antes da hora exata. Pode ser aplicado em qualquer organização, para reduzir estoques e os custos decorrentes, sendo o principal pilar do Sistema Toyota de Produção ou produção enxuta.

**Kanban** - O Kanban é usualmente composto por quadros e cartões visuais que auxiliam o planejamento da produção e o controle de estoques. De acordo com a quantidade de cartões disponíveis nos quadros, são tomadas as decisões de priorização de produção, setup de máquinas e até mesmo de paradas de linha para manutenção.

**MRP** - *Material Requirement Planning* - É um sistema computarizado de controle de inventário e produção que possibilita às empresas calcularem os materiais dos diversos tipos que são necessários e em que momento, assegurando os mesmos que sejam providenciados no tempo certo, de modo a que se possam executar os processos de produção.

**MRPII** – *Manufacturing Resource Planning* - Um método para o efetivo planejamento de todos os recursos de manufatura de uma companhia industrial, contempla o planejamento operacional em unidades, o planejamento financeiro na moeda do país, tem a capacidade de simulações.

**MTA** – *Make to availability* - A solução MTA é derivada da Teoria das Restrições, sendo uma declaração geral do produtor no sentido de prover imediato fornecimento sempre que necessário.

**MTO** – *Make to Order* - Processo de fabricação mediante encomenda, conforme especificação do cliente, após a emissão do pedido.

**MTS** – *Make to Stock* - É o processo de fabricação e manutenção de produtos em estoque antes da existência de pedidos de clientes, a partir de previsões de vendas.

**RCCP** - *Rough Cut Capacity Planning* - Tem como principal objetivo garantir que o plano mestre (MPS) seja “viável” em termos de capacidade, permitindo um cálculo rápido, antecipando as necessidades de capacidade de recursos que requeiram prazo de alguns poucos meses para sua mobilização.

**TOC** – *Theory of Constraints* - baseada em um conjunto de princípios básicos (axiomas), alguns processos simples (Perguntas Estratégicas, Passos para Focalizar, Efeito-Causa-Efeito) e ferramentas lógicas (o Processo de Raciocínio) e é aplicável através da dedução lógica em áreas específicas como finanças, logística, gerência de projetos, administração de pessoas, estratégia, vendas, marketing e produção.

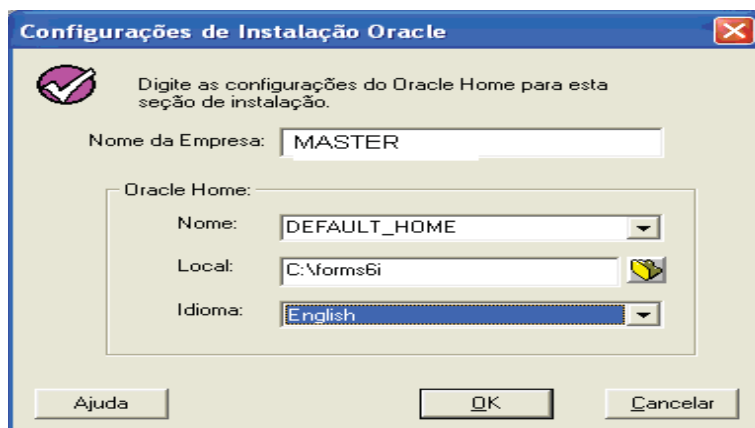
**TOCICO** - Organização global, sem fins lucrativos, voltada à certificação de profissionais, consultores e acadêmicos em TOC. Ela desenvolve e administra os padrões de certificação e facilita o intercâmbio dos mais recentes desenvolvimentos em TOC.

**TPC-S** – Tambor-Pulmão-Corda Simplificado – Evolução do TPC. Tem como premissas: a demanda de mercado deve ser sempre a restrição do sistema e excesso de capacidade deve ser adicionado aos recursos restritivos.

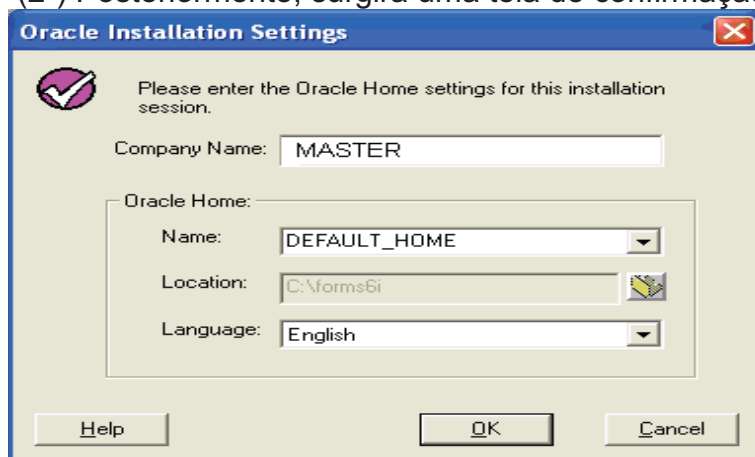
## Anexo 02 – Manual de instalação Módulo Executor Sistema MASTER

Passos para instalação:

(1-) Inserir o CD com o software na unidade de CD-ROM, clique em **setup**. Irá aparecer a seguinte tela, preencher os dados conforme modelo:

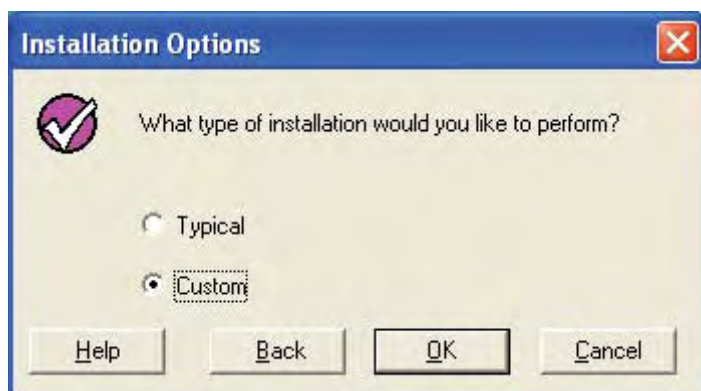


(2-) Posteriormente, surgirá uma tela de confirmação:

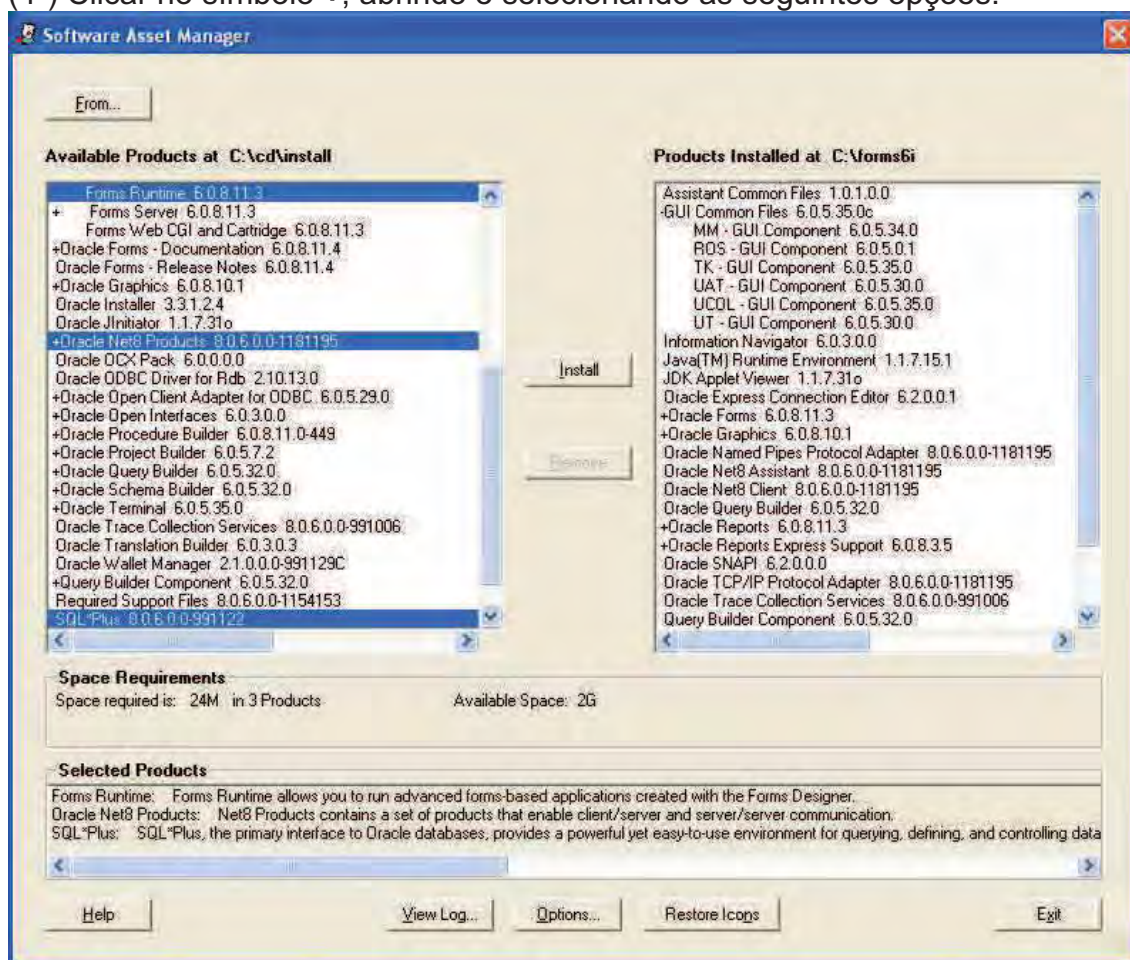


(3-) Optar inicialmente:

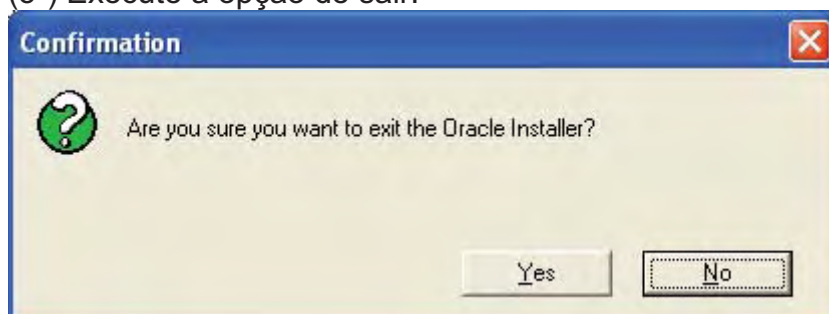




(4-) Clicar no símbolo +, abrindo e selecionando as seguintes opções:

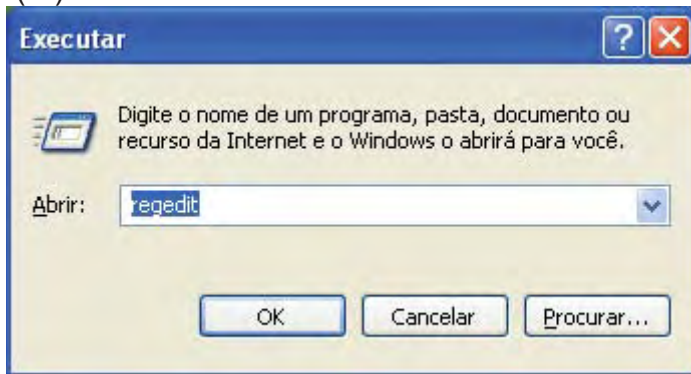


(5-) Execute a opção de sair:

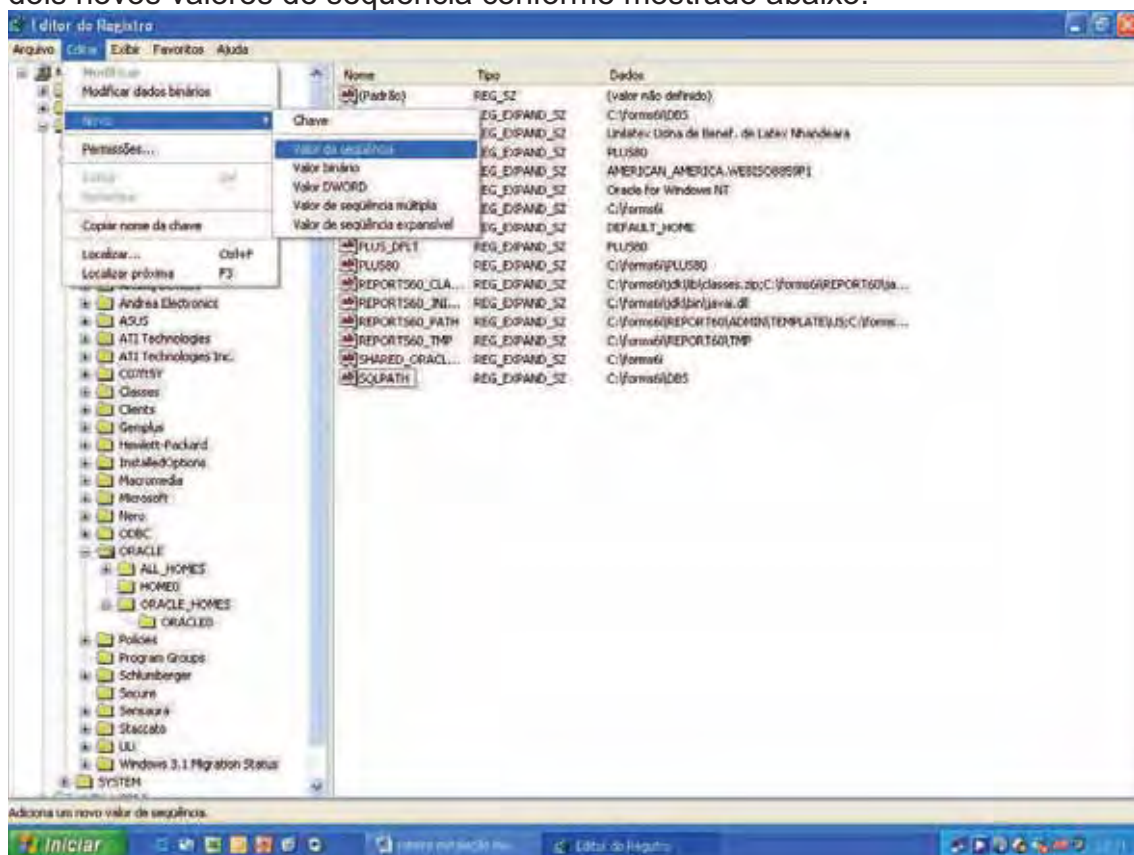




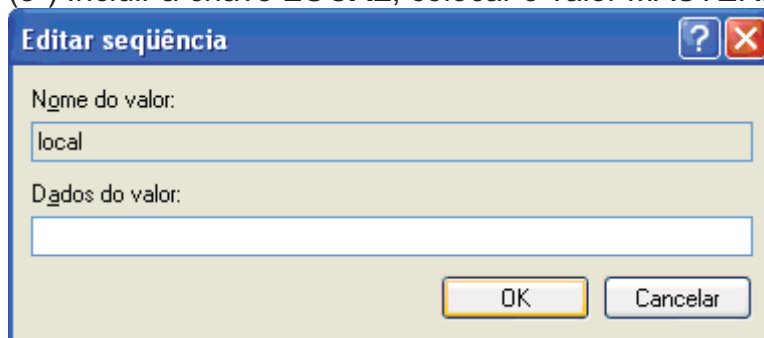
(6-) Entrar em Iniciar - executar



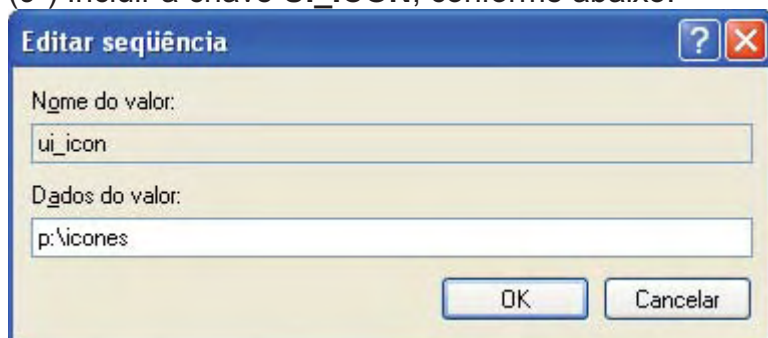
(7-) Procurar a chave HKEY\_LOCAL\_MACHINE – SOFTWARE – ORACLE, Incluir dois novos valores de seqüência conforme mostrado abaixo:



(8-) Incluir a chave **LOCAL**, colocar o valor **MASTER**:

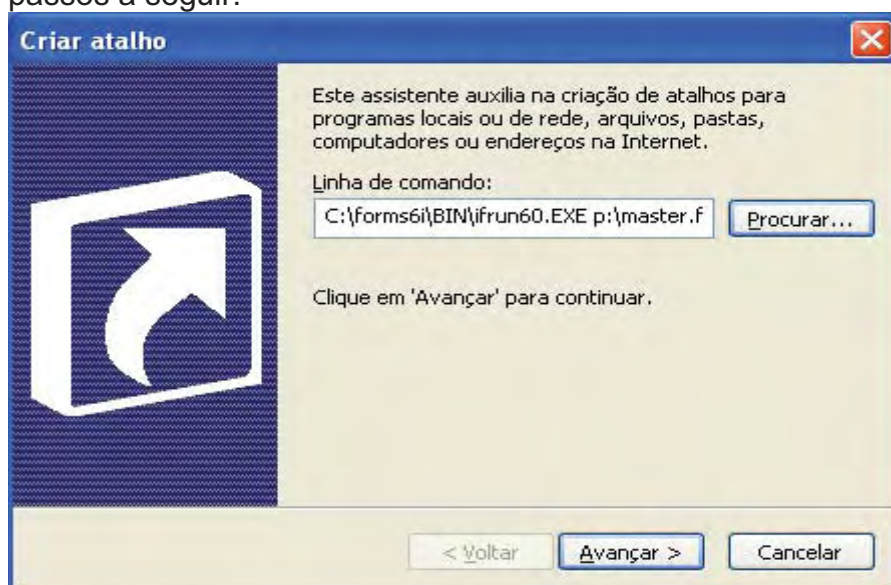


(9-) Incluir a chave **UI\_ICON**, conforme abaixo:



(10-) Sair do regedit

(11-) Criar um atalho no desktop, clicando botão direito do mouse e seguindo os passos a seguir:



(12-) Incluir a entrada abaixo no arquivo C:\forms6i\net80\admin\tnsnames.ora, colocando em **nomedocomputador** o equipamento onde foi instalado o banco de dados

```
MASTER =  
(DESCRIPTION =  
  (ADDRESS = (PROTOCOL = TCP) (HOST = nomedocomputador) (PORT = 1521))  
  (CONNECT_DATA =  
    (SERVER = DEDICATED)  
    (SERVICE_NAME = XE)
```