### **LEONEL JOSÉ GIROTTI**

A Fábrica de Skates: um Caso Didático em Planejamento e Controle da Produção

### **LEONEL JOSÉ GIROTTI**

# A Fábrica de Skates: um Caso Didático em Planejamento e Controle da Produção

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Engenharia

### **LEONEL JOSÉ GIROTTI**

## A Fábrica de Skates: um Caso Didático em Planejamento e Controle da Produção

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Engenharia

Área de Concentração: Engenharia de Produção

**Orientador:** 

Prof. Dr. Marco Aurélio de Mesquita

São Paulo 2013

### **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho àqueles que não perdem a vontade de aprender.

E também para aqueles que trabalham nessa arte chamada ensino.

### **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Marco Aurélio de Mesquita, pela orientação e valiosos conselhos, desde o meu primeiro dia aqui no Brasil.

Ao CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil, pelo apoio concedido para a realização do presente trabalho.

Ao Brasil, por me oferecer a oportunidade de seguir aprendendo.

Ao Professor Dr. Miguel Cezar Santoro e ao Engenheiro Umberto Crepaldi, pela inestimável colaboração ao permitir o uso do software de cálculo das necessidades de materiais.

Aos colegas, amigos e funcionários da POLI – USP, excelentes pessoas que ajudaram tanto no acadêmico quanto no humano.

Aos alunos da disciplina Planejamento, Programação e Controle da Produção do primeiro semestre de 2012, já que sem eles a aplicação prática da pesquisa não teria dado os seus primeiros frutos.

Aos amigos da LBR, pela confiança e a aprendizagem contínua.

Ao Professor Dr. Ariel Silber, pela amizade e o apoio desde a nossa chegada.

Aos integrantes do Laboratório 24, pelo carinho e amizade.

À família que deixamos na Argentina, mas que sempre se encontram perto!

Aos amigos de lá, grandes pessoas que sempre estão presentes!

E especialmente a Juli e Renzo, por este caminho que começamos dois, que agora conta com três, e que seguramente irá somando outras pessoas! Obrigado é pouco!



#### **RESUMO**

As altas exigências que impõe o mercado globalizado, a complexidade dos sistemas produtivos de manufatura atuais e os avanços na Tecnologia da Informação são fatos que resgatam a importância da Programação Detalhada da Produção para as empresas. A pesar de bastante consolidada e difundida, a abordagem clássica MRP / ERP não atende plenamente as necessidades em ambientes de produção intermitente. A Programação Detalhada da Produção com capacidade finita dos recursos, atualmente contemplada nos sistemas APS (Advanced Planning & Scheduling), constitui uma alternativa interessante para melhor cumprir prazos de entrega em ambientes com roteiros de produção complexos e produção *make-to-order* (MTO). O problema de pesquisa ora estudado contempla o ensino de modelos de Planejamento e Controle da Produção (PCP) em um ambiente de produção intermitente, com foco na Programação Detalhada da Produção e nos sistemas MRP e APS. Propõe-se um plano de ensino que busca apresentar e diferenciar essas abordagens. O plano contempla o uso de um caso didático – "A Fábrica de Skates". De uma forma lúdica, porém realista, o caso apresenta, nas suas cinco etapas, duas situações hipotéticas de uso de sistemas de programação. O primeiro, um MRP para planejamento da fábrica de skates e, no segundo, um APS utilizado pelo fornecedor de eixos. O plano foi aplicado pela primeira vez em uma turma de graduação do curso de Engenharia de Produção. Nesta dissertação, é apresentada uma descrição detalhada do caso didático, junto ao plano de ensino. A pesquisa verificou, mediante análise das atividades do caso e de um questionário de avaliação, a utilidade dos recursos elaborados, como também que as estratégias aplicadas ajudaram na aprendizagem. Nesta primeira aplicação, constatou-se também que a alta carga de trabalho dos alunos no semestre e o pouco peso dado à nota final do caso didático foram fatores que inibiram melhores resultados. Para futuras aplicações, o caso didático pode ser aprimorado: novas etapas contemplando outros assuntos importantes para a disciplina PCP e análise de alternativas para substituição dos softwares empregados são exemplos de melhorias.

Palavras-chave: Planejamento e Controle da Produção. MRP. APS. Ensino e Aprendizagem. Caso didático.

#### **ABSTRACT**

The high standard of competition in global market, the complexity of current manufacturing systems and the advances in Information Technology highlight the importance of the detailed production scheduling. Although classical approaches such as MRP perform this function quite well in different situations, these systems do not perform well in make-to-order (MTO) production systems. The finite capacity scheduling currently embedded within the software called APS (Advanced Planning & Scheduling) is a more interesting approach to achieve better performance in meeting due dates in production environments with complex routings and MTO strategy. Thus, the problem addressed in this study concerns the teaching of Production Planning and Control (PPC) models for intermittent production, with focus on the detailed production scheduling using MRP and APS approaches. In order to that, a teaching plan is proposed to present and differentiate these approaches. It includes the use of an educational case study named "The Skateboard Factory". In a playful but realistic way, the case presents, in its five stages, two hypothetical situations of use of scheduling systems. First, an MRP approach for planning in the skateboard factory, and second, one APS approach used by the truck supplier. The teaching plan was first applied to an undergraduate degree Production Engineering program. In this dissertation, a detailed description of the educational case study, along with the teaching plan, is provided. The results achieved in the case study and the students evaluation attest to the usefulness of the resources designed, and also that the strategies applied really improved the learning process. In this first application, it was also observed that high workload and the little weight in the final grade of the case study inhibit better results. In future applications, the case can be enhanced to include new stages on other important issues of the PPC discipline and the replacement of the software used.

Keywords: Manufacturing Planning and Control. MRP. APS. Teaching and Learning. Teaching Case.

### LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Capitulos da dissertação	. 24
Figura 2 – Conhecimento acumulado e Recursos utilizados na Educação	. 26
Figura 3 – Ensino tradicional	. 27
Figura 4 – Tecnologia como facilitadora de conhecimento para o aluno	. 28
Figura 5 – Dimensões do MBTI	. 33
Figura 6 – Ciclo de aprendizagem	. 35
Figura 7 – Ciclo modificado de ensino-aprendizagem	. 36
Figura 8 – Componentes de um plano de ensino	. 43
Figura 9 – Prioridades competitivas no tempo	. 56
Figura 10 – Lead times para cada estratégia de produção	. 59
Figura 11 – Estrutura hierárquica	. 61
Figura 12 – Exemplo de medidas de desempenho	. 69
Figura 13 – Lista de Materiais de um triciclo	
Figura 14 – Estrutura de dados do módulo de manufatura no sistema MRP II	.74
Figura 15 – Estrutura do MRP II	
Figura 16 – Perfil de carga gerado pelo CRP	. 76
Figura 17 – Estrutura conceitual dos sistemas ERP	. 77
Figura 18 – Evolução dos sistemas de PCP	
Figura 19 – Módulos de um sistema geral APS	. 82
Figura 20 – Gráfico de Gantt – programado vs. executado	
Figura 21 – Gráfico de Gantt	
Figura 22 – Sistema integrado ERP – APS – MES	. 93
Figura 23 – Roteiro de pesquisa	
Figura 24 – Estrutura do skate modelo BR	110
Figura 25 – Etapas do estudo de caso	
Figura 26 – Histórico de vendas skate modelo BR KIDS	112
Figura 27 – Roteiro de produção para o item SKU133	115
Figura 28 – Processo Previsão de Demanda	
Figura 29 – Planilha para cálculo dos módulos MPS e RCCP	118
Figura 30 – Processos MPS e RCCP	118
Figura 31 – Módulo MRP	
Figura 32 – Estrutura itens 100 e 200	121
Figura 33 – Módulo CRP	124
Figura 34 – Módulo Programação da Produção	126
Figura 35 – Processo Produtivo: SKU146	127
Figura 36 – Visão geral do sistema Lekin	129
Figura 37 – Novo criterio de aprovação para o Módulo II	133
Figura 38 – Titulação dos respondentes	
Figura 39 – Importância do MRP na disciplina	140
Figura 40 – Importância da PDP na disciplina	
Figura 41 – Importancia de diferenciar as abordagens MRP e APS/PF	141
Figura 42 – Uso de simulação na disciplina PCP	
Figura 43 – Técnicas de simulação empregadas em PCP	

Figura 44 – Uso de simulação em PCP por temas	142
Figura 45 – Uso de casos na disciplina PCP	143
Figura 46 – Estudos de caso empregados em PCP	144
Figura 47 – Uso de casos em PCP por temas	
Figura 48 – Concordância com o uso de casos em PCP	145
Figura 49 – Boxplot das notas por etapa	148
Figura 50 – Quantidade de respondentes por grupo	
Figura 51 – Autoavaliação: frequencia de asistência às aulas	
Figura 52 – Autoavaliação: participação na resolução das Listas de Exercícios	
Figura 53 – Autoavaliação: participação na resolução do Caso Didático	
Figura 54 – Autoavaliação: preparação para as provas	
Figura 55 – Autoavaliação: desempenho nas provas	
Figura 56 – Avaliação dos recursos usados na disciplina	
Figura 57 – Percepção sobre o problema de pesquisa	
Figura 58 – Percepção sobre a utilidade do caso didático	
Figura 59 – Questionário para Alunos de PCP – Tela n°1	
Figura 60 – Questionário para Alunos de PCP – Tela n°2	
Figura 61 – Questionário para Alunos de PCP – Tela n°3	
Figura 62 – Questionário para Alunos de PCP – Tela n°4	
Figura 63 – Questionário para Professores de PCP – Tela n°1	
Figura 64 – Questionário para Professores de PCP – Tela n°2	
Figura 65 – Questionário para Professores de PCP – Tela n°3	
Figura 66 – Questionário para Professores de PCP – Tela n°4	

### LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – ERP's utilizados nas maiores empresas do Brasil	78
Tabela 2 – Ordens programadas	86
Tabela 3 – Dados sobre vendas dos produtos	112
Tabela 4 – Dados dos produtos	119
Tabela 5 – Capacidades CT1 e CT10	119
Tabela 6 – Estrutura ítens 100 e 200	122
Tabela 7 – Item Master	122
Tabela 8 – Estoques	123
Tabela 9 – Registro MRP	124
Tabela 10 – Cadastro de centros produtivos	124
Tabela 11 – Fluxogramas de processos	125
Tabela 12 – Saída do CRP	125
Tabela 13 – Lista de produtos da Metal S.A.	127
Tabela 14 – Cadastro de recursos de produção	127
Tabela 15 – Cadastro de recursos de produção	128
Tabela 16 – Calendário de dias feriados	128
Tabela 17 – Quantidade de anos ensinando a disciplina PCP	139
Tabela 18 – Notas Caso Didático por grupo	147
Tabela 19 – Notas Caso Didático por grupo – sem <i>outliers</i>	148
Tabela 20 – IES dos respondentes	219

### LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Ensino tradicional vs. novo paradigma	30
Quadro 2 – Características modelo VAC	
Quadro 3 – Dimensões do MBTI	32
Quadro 4 – Dimensões do modelo de Kolb	35
Quadro 5 – Abordagens para elaboração de estratégias educacionais	37
Quadro 6 – Dimensões do modelo de Felder - Silverman	
Quadro 7 – Estilos de aprendizagem vs. Estilos de ensino	39
Quadro 8 – Inteligências Múltiplas	41
Quadro 9 – Domínios Cognitivo e Afetivo segundo Bloom	46
Quadro 10 – Verbos úteis para definição de objetivos	
Quadro 11 – Estratégias para aprendizagem e os objetivos que perseguem	48
Quadro 12 – Técnicas de avaliação	
Quadro 13 – Características dos casos didáticos	52
Quadro 14 – Registro básico do MRP	72
Quadro 15 – Módulos que conformam a estrutura de um software APS	83
Quadro 16 – Tecnologias aplicadas a cada nível de decisão	84
Quadro 17 – Diferenças entre as abordagens MRP e APS/PF na programação de	talhada . 90
Quadro 18 – Objetivos para unidade MRP	104
Quadro 19 – Conteúdos para unidade MRP	104
Quadro 20 – Estratégias de ensino para unidade MRP	105
Quadro 21 – Bibliografia específica para unidade MRP	105
Quadro 22 – Questionário para Alunos da disciplina PCP	107
Quadro 23 – Arquivo Mestre dos itens	114
Quadro 24 – Temário e professor responsável – disciplina PCP	130
Quadro 25 – Diagrama das aulas – Disciplina PCP Módulo II	132
Quadro 26 – Cronograma de datas de entrega	134
Quadro 27 – Questionário para professores de PCP	136
Quadro 28 – Resposta sobre experiência de uso de casos e softwares	145
Quadro 29 – Comentários, críticas e sugestões dos professores	146
Quadro 30 – Comentários, críticas e sugestões dos alunos	155

### LISTA DE SIGLAS

ABEPRO Associação Brasileira de Engenharia de Produção
APICS American Production and Inventory Control Society

APO Advanced Planner and Optimizer

APS Advanced Planning System

APS/PF Advanced Planning System – módulo Programação Finita

ATO Assemble-to-order

ATP Available to Promise

AVA Ambiente virtual de aprendizagem

BoM Bill of Material

BoMP Bill of Materials Processor

BoR Bill of Resources

CONWIP Constant Work in Process

CPM Critical Path Method

CR Critical Ratio

CRP Capacity Requirements Planning

EDD Earliest Due Date

EOQ Economic Order Quantity

ERP Enterprise Resources Planning

ETO Engineering-to-order

FCS Finite Capacity Scheduling

FIFO First In First Out

IES Instituição de Ensino Superior

JIT Just in Time

LPT Longest Process Time

MBA Master of Business Administration

MBTI Myers – Briggs Type Indicator

MES Manufacturing Execution System

MPS Master Production Schedule / Scheduling

MRP Material Requirements Planning

MRP II Manufacturing Resources Planning

MS Minimum Slack First

MTO Make-to-Order

MTS Make-to-Stock

NYU New York University

PCP Planejamento e Controle da Produção PDP Programação Detalhada da Produção

PERT Program Evaluation and Review Technique

POLI – USP Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

RCCP Rough-Cut Capacity Planning

RND Random

SFC Shop Floor Control

SPCP Sistemas de Planejamento e Controle da Produção

SPT Shortest Process Time

SST Shortest Setup Time

TI Tecnologia de Informação

TIC Tecnologia de Informação e Comunicação

ToC Theory of Constraint

VAC Visual – Auditivo – Cinestésico

VBA Visual Basic for Applications

WIP Work in Process

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	18
1.2 HIPÓTESE DE PESQUISA	20
1.3 OBJETIVOS	20
1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	21
1.5 RELEVÂNCIA	22
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	23
2 ENSINO - APRENDIZAGEM	26
2.1 MODELOS DE ENSINO - APRENDIZAGEM	26
2.1.1 Modelo Visual – Auditivo – Cinestésico (VAC)	31
2.1.2 Os Indicadores de Tipos de Myers – Briggs	32
2.1.3 Modelo e Ciclo de Aprendizagem de Kolb	34
2.1.4 Modelo de Ensino – Aprendizagem de Felder - Silverman	37
2.1.5 Teoria das inteligências múltiplas	40
2.2 PLANEJAMENTO DO ENSINO	42
2.2.1 Planos de Ensino	43
2.2.2 Identificação	44
2.2.3 Objetivos educacionais	44
2.2.4 Conteúdo	46
2.2.5 Estratégias de Ensino – Aprendizagem	47
2.2.6 Avaliação	49
2.3 CASOS DIDÁTICOS	51
3 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO	55
3.1 CONCEITOS	55
3.1.1 Sistemas de Produção	56
3.1.2 Sistemas de Planejamento e Controle	59
3.1.3 Programação Detalhada da Produção	62

3.2 SISTEMAS MRP	70
3.2.1 Origem	70
3.2.2 Lógica do Modelo MRP	
3.2.3 Evolução para o MRP II	
3.2.4 Evolução para o ERP	
3.3 SISTEMAS APS	79
3.3.1 Origem	
3.3.2 Módulos dos sistemas APS	
3.3.3 Programação Detalhada da Produção mediante APS	
3.3.5 Integração dos Sistemas MRP e APS	
4 METODOLOGIA	
4.1 DEFINIÇÕES	94
4.2 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	95
4.3 ROTEIRO DE PESQUISA	100
5 ESTUDO DE CASO	102
5.1 A DISCIPLINA	102
5.2 PLANEJAMENTO DO ENSINO	103
5.2.1 Planos das unidades	
5.2.2 Avaliação continuada	
5.2.3 Pesquisa com os Alunos	
5.3 CASO DIDÁTICO	109
5.3.1 Características e descrição das Etapas	
5.3.2 Sistemas de apoio à decisão	
6 APLICAÇÃO DO PLANO DE ENSINO	130
7 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	136
7.1 PESQUISA COM PROFESSORES DE PCP DO BRASIL	136
7.2 AVALIAÇÃO DO PLANO DE ENSINO	146
7.2.1 Caso didático	
7.2.2 Pesquisa com alunos da disciplina	149

8 CONCLUSÕES	157
REFERÊNCIAS	161
ANEXO A	171
ANEXO B	175
ANEXO C	180
ANEXO D	183
ANEXO E	212
ANEXO F	215
ANEXO G	218

### 1 INTRODUÇÃO

#### 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

De acordo com Jacobs e Weston Jr. (2007), desde o seu nascimento na década de 1960, os sistemas baseados na lógica do *Material Requirements Planning* (MRP) foram considerados padrões, primeiro para a função da administração de materiais, evoluindo logo para sistemas mais completos de Planejamento e Controle da Produção (PCP). Com uma complexidade cada vez maior dos processos no chão de fábrica, somadas às limitações práticas do MRP, uma nova classe de sistemas vem sendo desenvolvida, focada inicialmente na lógica da programação finita (LAYDEN, 2001). Estes sistemas foram conhecidos com a sigla FCS (de *Finite Capacity Scheduling*). As novas versões destes sistemas formam parte dos sistemas denominados APS (de *Advanced Planning System*). Estes sistemas não se limitam ao nível operacional, senão que, aproveitando o sempre crescente poder computacional, foram somando novos módulos de apoio às decisões em níveis de decisão mais altos (tático e estratégico), e abarcando diferentes departamentos (produção, compras, logística). Neste trabalho, utiliza-se a sigla APS/PF para destacar o módulo de Programação Finita da Produção dos APS.

Metaxiotis; Psarras e Ergazakis (2003) ressaltam que em um ambiente competitivo como o atual, a efetiva programação de operações (compras, produção, distribuição), converteu-se em uma necessidade para a sobrevivência, tanto de empresas de manufatura como prestadoras de serviços.

Entretanto, destaca-se que as diferenças entre as abordagens MRP e APS/PF inicialmente podem não ficar claras para o aluno de ensino superior, constituindo este o problema de pesquisa deste trabalho. Uma das maiores diferenças a serem compreendidas refere-se à distinção entre lógicas diferentes de carga (entendida como operações que devem ser executadas nos recursos produtivos), que se convencionou chamar de <u>capacidade finita</u>, quando se considera que a carga em um período de tempo deve ser limitada, já que o recurso tem uma

determinada capacidade (lógica seguida nos APS/PF), e <u>capacidade infinita</u> dos recursos (lógica do MRP). Esses últimos são sistemas que, para simplificar, consideram que a carga pode ser ilimitada no período. Carga ilimitada permite detectar a real necessidade de recursos em cada momento, no entanto se tem o risco de gerar um plano não viável, por falta de capacidade.

Reforça-se a necessidade de que esses temas sejam apresentados aos alunos de Planejamento e Controle da Produção. Por tanto, a pesquisa se insere no contexto do ensino da Engenharia de Produção, especialmente em PCP, e trata-se de como casos didáticos suportados por aplicativos informáticos podem ser utilizados como apoio para o professor no processo de aprendizagem dos alunos.

O ensino de modelos de PCP utilizando o computador não é um assunto novo. Por exemplo, podem ser aplicados exercícios simples empregando planilhas de cálculo para compreender a lógica do MRP. Embora não seja um tema recente, ele é relevante, já que com o avanço contínuo da tecnologia, melhorias nos métodos de ensino podem ser incluídas para benefício do processo de aprendizagem dos alunos. Assim, encontram-se pesquisas que utilizam técnicas associadas ao uso do computador, em forma de jogos de empresa (SAUAIA, 2010), simuladores (MESQUITA; HERNANDEZ, 2006), tutoriais (ATOLAGBE; HLUPIC; TAYLOR, 2001), etc.

A elaboração de planos de ensino também ajuda aos professores no planejamento e na condução das aulas, oferecendo uma abordagem que permite refletir sobre os objetivos que se pretendem alcançar, as estratégias a serem utilizadas para a consecução desses objetivos, e como avaliar integralmente o processo de ensino.

Concluindo, a questão de pesquisa neste trabalho refere-se à busca de estratégias que aprimorem a eficácia do processo de ensino-aprendizagem sobre a diferenciação de modelos de Planejamento e Controle da Produção em um ambiente de produção intermitente, com foco na Programação Detalhada da Produção (**PDP**) e nas abordagens MRP e APS/PF.

### 1.2 HIPÓTESE DE PESQUISA

Segundo Parra Filho e Santos (2003), a hipótese de pesquisa é uma provável resposta para o problema proposto. Nesse sentido, a hipótese de pesquisa do trabalho propõe que o uso do estudo de caso didático em conjunto com softwares constitui uma estratégia que se mostra eficaz no processo de ensino – aprendizagem em PCP para distinção das abordagens MRP e APS/PF.

Além dessa estratégia, foram aplicadas outras no intuito de aprimorar a eficácia. Planos das unidades e avaliações continuadas são exemplos de ferramentas que foram inclusas entre as estratégias de ensino da disciplina.

A hipótese será testada empregando a metodologia de estudo de caso, aplicando em um curso de graduação os planos das unidades desenvolvidos junto com o caso didático. Serão analisadas as notas do caso e apresentados os resultados de um questionário que foi repassado ao corpo discente sobre o ensino da disciplina.

#### 1.3 OBJETIVOS

A seguir, são detalhados os objetivos específicos da dissertação, relacionados ao problema de pesquisa:

- elaborar materiais, que integrarão junto com outros atualmente em uso, um plano de ensino para a disciplina PCP;
- escolher e desenvolver estratégias de ensino para tratar o problema de pesquisa;
- 3) empregar as mesmas em um curso de graduação;
- 4) relatar em detalhe o desenho das estratégias e a sua aplicação;
- 5) expor as conclusões da aplicação;

6) avaliar se o uso do plano de ensino proposto contribui para o ensinoaprendizagem das técnicas de programação da produção baseadas nas lógicas MRP e APS/PF.

### 1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Como explicado, o trabalho foca na Programação Detalhada da Produção em ambiente de produção intermitente. Não são considerados outros problemas como, por exemplo, problemas de linhas de montagem nem de programação de projetos no âmbito da Programação da Produção. As abordagens a comparar são duas: o MRP e a Programação Finita via o módulo específico dos APS (APS/PF). Considera-se que a distinção entre elas fornece uma ideia clara dos conceitos de capacidade finita e infinita.

No referente ao sistema MRP, é escolhida a abordagem que considera os conceitos clássicos, i.e., a suposição de *lead times* constantes, portanto, considerando capacidade infinita dos recursos.

Existem trabalhos publicados que consideram a capacidade como finita. Como exemplos, podem-se citar: Billington; McClain e Thomas (1983), que propõem algoritmos utilizando programação linear e inteira mista; Tall e Wortmann (1997) apresentam um algoritmo que une o cálculo MRP com planejamento atendendo capacidade finita; Pandey; Yenradee e Archariyapruek (2000) expõem um sistema MRP considerando capacidade finita; por último, Harris; Lewis e Cook (2002) apresentam uma formulação baseada em matrizes que resolve o algoritmo MRP considerando capacidades dos recursos. No entanto, em um curso introdutório como o pensado para os modelos aplicados, considera-se que a utilização do modelo de MRP clássico favorece a distinção entre as abordagens escolhidas (MRP – APS).

A experiência relatada neste trabalho foi realizada com alunos de graduação de um curso de Engenharia de Produção. No entanto, acredita-se que as ferramentas desenvolvidas poderiam ser aplicadas em outros cursos de ensino superior, incluindo cursos de extensão e MBA.

### 1.5 RELEVÂNCIA

Avanços nos conceitos sobre o Planejamento de Operações permitem refletir sobre o processo de ensino-aprendizagem, motivando a análise de melhorias no modo de ensinar estas questões. O uso do computador pode ajudar os professores na sua tarefa. Também, a utilização de ferramentas que sejam empregadas nos ambientes reais de trabalho (por exemplo, softwares comerciais de Programação da Produção utilizados nas empresas), ou simuladores delas, permite uma experiência mais próxima da realidade por parte dos alunos, o qual aumenta as competências adquiridas (capacitação), solicitadas nestes dias por parte do mercado de trabalho.

A pesquisa tem como objetivo demonstrar que o computador (neste caso o seu uso em simulação para tarefas de programação) não é só o meio pelo qual o professor pode apresentar *slides* nas suas aulas expositivas, ou uma ferramenta para intercâmbio de arquivos. Também pode ser utilizado para tentar cobrir vários estilos de aprendizagens, melhorando assim o entendimento do aluno no assunto em questão. O caso didático discutido fora da sala de aula também oferece uma alternativa para aprender, valendo-se do trabalho em grupo.

Decidiu-se por um tópico de ensino muito importante dentro da área da Gestão da Produção. Destaca-se a importância de que os alunos consigam entender o funcionamento dos sistemas MRP e APS/PF, compreender as diferenças que eles têm na questão da Programação da Produção, e discutir a possibilidade de integração entre eles. Com isto, pretende-se oferecer aos alunos um ponto de partida na forma em que poderiam analisar um sistema de produção real. Nesse ponto, vale ressaltar a dificuldade no envio de grupos de alunos às empresas para trabalhar com informações reais, ou que as mesmas concordem em apresentar em detalhe os seus sistemas. A contribuição prática deste trabalho é a elaboração de um kit que dispensa contato com a realidade, embora ele tente representá-la fielmente. Outra contribuição é o relato da experiência de aplicação prática do caso.

Não é necessário descrever a importância do conceito do MRP. Este é bem difundido (solução de planejamento e programação viável desde a ótica da Tecnologia da Informação – **TI** nos anos de 60 e 70) e geralmente está incluso em

todo livro referente à Gestão de Operações. Já com os sistemas APS não acontece o mesmo. Sabe-se que as técnicas de programação finita não são novas. No entanto, os avanços na TI e no poder computacional permitiram apenas mais recentemente o desenvolvimento de sistemas práticos e a sua disponibilização para uso industrial. Com a chegada de novas ferramentas do tipo dos APS (vale ressaltar que não se limitam só à Programação Detalhada, como se pode verificar na revisão de literatura), destaca-se que esses conceitos devem ser gradualmente incluídos nas disciplinas de PCP.

Ainda, conforme Ferreira (2011), o Brasil tem um potencial de mercado para estas ferramentas ainda pouco explorado. A pesquisa realizada por Giacon e Mesquita (2011) em empresas paulistas corrobora esta afirmação, pois, se por um lado, apenas 11,7% das empresas participantes utilizam sistemas APS, por outro, 38,3% dos respondentes declararam que pretendem implantá-lo. Uma formação sólida dos egressos dos cursos de Engenharia de Produção neste tema da Gestão da Produção permitiria uma melhor compreensão das diferentes abordagens utilizadas na indústria e acrescentaria uma alternativa de escolha na forma de programar a produção.

Esta pesquisa contribui propondo formas de ensinar estes conceitos, e analisando a eficácia destas estratégias de ensino.

#### 1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação se encontra dividida nos seguintes capítulos, conforme a Figura 1.

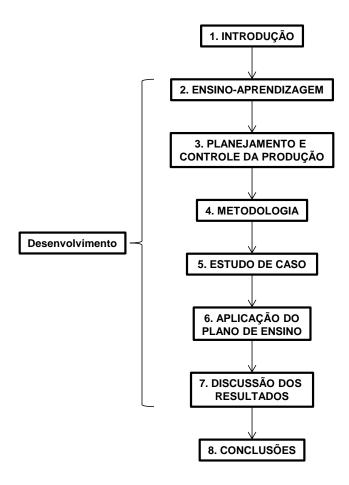


Figura 1 – Capítulos da dissertação

O <u>capítulo um</u> é o atual. Apresenta a formulação do problema, a hipótese a ser testada, objetivos, delimitação e justificativa, junto com a descrição dos capítulos da pesquisa.

Entrando no desenvolvimento do trabalho, começa-se pela fundamentação teórica. Decidiu-se dividi-la em dois capítulos:

O <u>capítulo dois</u> apresenta conceitos relacionados ao processo de ensinoaprendizagem, partindo de um relevamento de modelos de aprendizagem, chegando a definir os chamados planos de ensino. Entre as partes constituintes de um plano se encontram a definição das estratégias de ensino a serem usadas na disciplina. Este trabalho foca no desenvolvimento e uso de um caso didático suportado por aplicativos informáticos.

O <u>capítulo três</u> fornece conceitos sobre o objeto de estudo (ponto 1.4), i.e., o ensino de Programação Detalhada da Produção. Como o trabalho se foca na

produção intermitente, são oferecidos conceitos gerais referentes à Gestão da Produção. A seguir, são descritas as abordagens que se pretendem ensinar: os sistemas do tipo MRP e os sistemas APS, finalizando com a explicação das diferenças existentes entre as abordagens no referente à Programação Detalhada da Produção.

No <u>capítulo quatro</u> é exposta a metodologia de pesquisa, junto com a caracterização da mesma.

Continuando, no capítulo cinco começa a descrição do estudo de caso. Serão descritos o contexto onde a pesquisa se insere, e cada um dos materiais empregados: o enunciado do caso didático, os aplicativos que suportam ele, os planos das unidades, avaliações continuadas, e um questionário aplicado aos alunos da disciplina ao finalizar o curso.

A seguir, no <u>capítulo seis</u>, detalha-se a aplicação prática em um curso de graduação. Descrevem-se aqui todas as atividades realizadas para testar a hipótese de pesquisa. Para isto, decidiu-se aplicar o material desenvolvido em uma disciplina de Planejamento e Controle da Produção de um curso de graduação em Engenharia de Produção. A participação do autor foi como monitor da mesma, sendo os ministrantes o orientador do presente trabalho e outro professor do Departamento.

No <u>capítulo sete</u> serão expostos os resultados. Isto se traduz nas notas do caso didático. Além delas, serão fornecidos os resultados do questionário aplicado aos alunos da disciplina, e de outro questionário empregado para levantar as práticas de ensino usadas pelos professores de PCP no Brasil. Para facilitar a leitura e compreensão dos dados, decidiu-se incluir no mesmo capítulo a discussão dos resultados. Como aconselhado nas diretrizes da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (POLI – USP), na medida em que cada resultado é apresentado, o mesmo será discutido.

Finalizando, as conclusões do trabalho são apresentadas no <u>capítulo oito,</u> junto com considerações para futuras edições, limitações e desdobramentos da pesquisa.

Esta dissertação contém anexos após a lista de referências bibliográficas.

### **2 ENSINO - APRENDIZAGEM**

#### 2.1 MODELOS DE ENSINO - APRENDIZAGEM

Nas últimas décadas, o fenômeno da Globalização possibilitou uma grande quantidade de mudanças nos mais diversos campos (econômicos, sociológicos, tecnológicos, etc.). As transformações que acontecem no campo da Tecnologia da Informação, marcadas por uma velocidade cada vez maior, originou mudanças na forma como as pessoas comunicam-se e aprendem.

Também, segundo Belhot (1997), o conhecimento acumulado está crescendo a uma taxa exponencial, enquanto os modelos de ensino-aprendizagem o fazem de forma linear (Figura 2). Isto produz uma dificuldade na absorção de tanto conhecimento. A Internet pode ser considerada uma das maiores causas do acúmulo de informação e da livre disponibilidade da mesma.

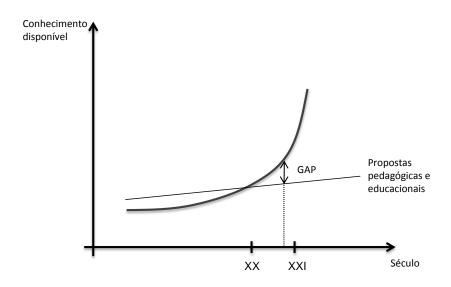


Figura 2 – Conhecimento acumulado e Recursos utilizados na Educação Adaptado de Belhot (1997)

Outro exemplo de mudança aparelhada com a Globalização são as novas condições impostas para o perfil Profissional, neste caso, de um Engenheiro. As empresas (o Mercado de Trabalho) exigem, conforme Silva e Cecílio (2007), um Profissional que deve ser capaz de trabalhar em situações que nem sempre são da sua especialidade, portanto deverá estar preparado para a adaptação constante, na busca de novos métodos, enfim, terá que estar preparado para uma aprendizagem constante. Como afirma Belhot (1997), terá que "aprender a aprender".

Por causa destas mudanças, o modelo de ensino tradicional na sala de aula enfrenta dificuldades para atingir o seu objetivo. Por modelo tradicional de ensino em Engenharia, conforme Kuri<sup>1</sup> (1993, apud Lopes Guerra, 2000, p. 11) se entende aquele onde a aquisição do conhecimento ocorre principalmente por transmissão. O professor é quem detêm o conhecimento, e a sua principal função é transferi-lo para os seus alunos, que assumem uma atitude passiva. O aluno vai à escola buscar conhecimento especializado, transmitido pelo professor, que controla informações, estabelece reflexões e define práticas (SILVA; CECILIO, 2007). O papel do professor torna-se central nessa relação. Um esquema pode ser observado na Figura 3.

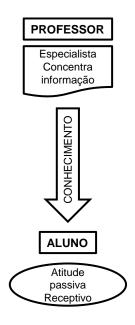


Figura 3 – Ensino tradicional Adaptado de Lopes Guerra (2000)

1

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> KURI, N. P. **Abordagens do processo ensino-aprendizagem: características gerais e metodologias correspondentes.** São Carlos, Centro de Tecnologia Educacional para Engenharia (CETEPE), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Segundo Cintra (2012), esse tipo de aula conteudista piorou com a aparição do *data-show* (ou projetor), devido a que agora o professor pode incluir ainda mais conteúdo do que antes, correndo o risco de que seus alunos se "percam" entre tanta nova informação, o que se traduz em um baixo interesse pelas aulas.

Vários autores apresentam a necessidade de mudança deste paradigma no processo de ensino – aprendizagem na Engenharia (BELHOT, 1997; LOPES GUERRA, 2000; SILVA e CECÍLIO, 2007; CRUZ, 2008). Segundo Abreu e Masseto (1990), as instituições de ensino deveriam privilegiar a aprendizagem dos seus alunos em vez de o ensino dos professores, já que essas instituições existem pela necessidade de formar alunos para a sociedade onde ela mesma se insere.

Conforme Belhot (1997), a mudança de paradigma começa quando a tecnologia permite ao aluno alcançar o conhecimento sem a ajuda direta do professor. Entende-se por Tecnologia como as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC). Isto muda a relação entre os atores, já que o professor nesse momento deixa de ser o único detentor do conhecimento (Figura 4).

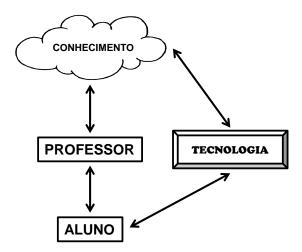


Figura 4 – Tecnologia como facilitadora de conhecimento para o aluno Adaptado de Belhot (1997)

As TIC expandiram as possibilidades de pesquisa e aquisição de informação por parte não só dos alunos, como também dos professores. No entanto, destaca-se que a tecnologia deve ser um meio na concepção do novo paradigma, e não um fim em si mesma. Neste novo caminho impulsionado pelas TIC, o aluno não se encontra

sozinho, de acordo com Lopes Guerra (2000), já que o professor ainda continua sendo um elemento importante, não por deter o conhecimento, senão por ser uma guia, um facilitador da aprendizagem.

Segundo Belhot (1997), na substituição do paradigma do ensino pelo da aprendizagem, serão vários os pontos a serem considerados. Alguns deles são detalhados a seguir:

- a atividade de ensino deverá ser mais interativa e voltada ao aluno;
- o papel de professor transmissor de conhecimento deve ser substituído pela figura de colaborador, facilitador, e às vezes aprendiz;
- o papel do aluno deve passar de ouvinte passivo a colaborador ativo e às vezes especialista;
- o conhecimento deverá ser visto como a capacidade de transformação da informação em novos comportamentos, e não um conceito de acumulação;
- o trabalho será planejado para o grupo (coletivo), e não para uma pessoa;
- a ideia de quantidade deverá ser substituída pelo conceito de qualidade;
- a Tecnologia deve ser vista como um componente, algo complementar ao currículo, procurando evitar a veneração da mesma.

Outras diferenças são apresentadas por Smith e Waller (1997) e transcritas no Quadro 1. Em negrito destacam-se as mais relacionadas à pesquisa.

Neste trabalho procura-se aprimorar a eficácia do processo de ensino-aprendizagem, priorizando esta última. Laurindo *et al.* (2002) diferenciam eficiência e eficácia, explicando que a primeira se encontra associada ao uso de recursos, enquanto a segunda se relaciona com a satisfação de metas, objetivos e requisitos. Libii (2007) destaca que a eficácia da aprendizagem lida com o como otimizar o nível de aprendizagem que um estudante pode alcançar em um determinado curso. Portanto, o objetivo neste trabalho é que os alunos consigam um nível satisfatório de aprendizagem referente aos conceitos descritos no problema de pesquisa, ajudados por estratégias adequadas ao fim. Nessa procura por melhorias no processo de ensino-aprendizagem, o professor tem várias ferramentas e conceitos para trabalhar.

Quadro 1 – Ensino tradicional vs. novo paradigma

Ensino Tradicional	Novo Paradigma	
Conhecimento é transferido ao aluno	Aluno participa da construção do conhecimento	
Aluno é visto como recipiente vazio a ser "enchido" com conhecimento	Aluno é descobridor, transformador e construtor ativo do conhecimento	
Aprendizagem baseada na memorização	Aprendizagem baseada no relato	
Objetivo da escola é classificar e selecionar os alunos	Objetivo da escola é desenvolver as competências e os talentos dos alunos	
Meta do aluno é completar requisitos para passar nas disciplinas	Meta do aluno é aprender, desenvolver competências e experiências	
Educação é conduzida dentro de um contexto de relações impessoais entre os alunos e o professor	Professor e alunos trabalham juntos, fazendo da educação uma forma de relacionamento pessoal	
Ambiente competitivo e individualista dentro da sala de aula	Ambiente de aprendizagem cooperativo dentro da sala de aula, possibilitando o desenvolvimento de talentos e a construção ativa da aprendizagem	
Classe é assumida como tendo uma uniformidade cultural	Diferenças entre os alunos são usadas para enriquecer as experiências pessoais	
Escola concentra e exerce poder, autoridade e controle	Alunos participam das decisões	
Avaliação com poucos formatos, geralmente acontecendo apenas no meio e no final do curso	Avaliação possui vários formatos (escrita, oral e em grupo, etc.), ocorrendo com mais frequência	
Argumentos lógicos e racionais são os únicos aceitos; dados devem ser objetivos e quantitativos	Intuição e experiências pessoais são avaliadas; dados qualitativos são avaliados em adição aos quantitativos	
Fatos e memorização	Investigação e invenção	
Discurso e giz são suficientes (resistência ao uso da tecnologia)	Tecnologia tem um grande potencial para melhorar o ensino e a aprendizagem	
Qualquer especialista pode ensinar	Ensinar é uma atividade complexa que requer muito treinamento e esforço	

Fonte: Smith e Waller (1997)

Aceitando o fato de que as pessoas aprendem de formas diferentes, serão expostos quatro modelos de aprendizagem e descrito a adequação de cada um deles para cada perfil de estudante de Engenharia. Posteriormente será apresentada a teoria das inteligências múltiplas, que explica o conceito da não existência de um único tipo de inteligência. Finalizando o capítulo, são expostos os diferentes componentes de um plano de ensino, ferramenta valiosa de ajuda ao professor na estruturação das suas aulas.

Conforme Felder e Silverman (1988), um <u>modelo de estilos de aprendizagem</u> classifica os alunos em um número de escalas, levando em consideração as formas como recebem e processam informações. Segundo Wankat e Oreovicz (1993), existem diferenças naturais entre todos os seres humanos nas formas de

aprendizagem. Estratégias podem ser implementadas de modo a tentar abranger a maior quantidade possível dessas possibilidades.

A seguir, são detalhados quatro modelos de aprendizagem mais utilizados dentro da educação em Engenharia (FELDER; BRENT, 2005).

### 2.1.1 Modelo Visual – Auditivo – Cinestésico (VAC)

Segundo Wankat e Oreovicz (1993), as pessoas utilizam três modos diferentes para perceber o mundo: visual, auditivo e cinestésico. Eles englobam os cinco sentidos. Na aprendizagem, as pessoas geralmente tem uma preferência por algum(ns) destes modos. Esta preferência afeta a forma de aprender. É importante destacar que se fala de preferência, já que ainda não se conseguiu demonstrar que utilizando só um ou dois modos as pessoas aprendem melhor. É preferível utilizar estratégias de ensino que estimulem os três modos, para abranger a maioria dos alunos.

Nakao e Grimoni (2010) apresentam algumas características de cada modo (Quadro 2).

Quadro 2 - Características modelo VAC

Visual	Auditivo	Cinestésico
Fala rápido Descrevem formas detalhadamente Dificuldade de concentração com explanações longas Organizados Cuidadosos com a aparência Facilidade para lembrar imagens Dificuldades com nomes	Lembra-se de nomes Tendência de mover os lábios quando lê Gosta de ouvir e falar Cuidadoso com as palavras Voz ressonante Descrições longas e repetitivas Despreocupado com combinação de roupas	Gesticula enquanto fala Impaciente com descrições longas Não é bom ouvinte Preocupa-se mais com conforto que com aparência Dificuldade de lembrar coisas que ouviu Gosta de "aprender fazendo" Fala lentamente Inclui paladar, tato, olfato e sensações

Fonte: Nakao e Grimoni (2010)

Conforme Wankat e Oreovicz (1993), o modo visual aparenta ser o preferido pela maioria das pessoas, e é o mais frequente entre estudantes de Engenharia. Ele pode ser explorado nas aulas de várias formas. Por exemplo, equações podem ser

apresentadas em forma gráfica para um melhor entendimento por partes dos estudantes, podem ser indicados livros e preparadas apostilas para ampliar o conhecimento sobre algo em particular. Também, podem ser empregados filmes para explicar conceitos ou fenómenos.

### 2.1.2 Os Indicadores de Tipos de Myers – Briggs

O MBTI (*Myers – Briggs Type Indicator*) é um questionário que tem como objetivo descrever às pessoas de acordo com suas preferências dentro de quatro escalas provenientes da Teoria dos Tipos Psicológicos de Jung (FELDER; BRENT, 2005). Wankat e Oreovicz (1993) destacam que a palavra "tipos" não se refere a algo fixo, permanente. Isto significa que os indicadores fornecem uma descrição atual da pessoa que está participando.

Como dito, este questionário utiliza quatro dimensões, que, combinadas, formam 16 tipos psicológicos diferentes. Cada dimensão está representada por dois polos (uma letra identifica cada polo). No Quadro 3, estão resumidas algumas das suas características.

Quadro 3 – Dimensões do MBTI (continua)

Extroversão ( <i>Extrovert</i> )	Introversão ( <i>Introvert</i> )	
Mais voltado ao mundo exterior e às coisas. Interessa-se por pessoas e eventos. Necessita de estímulo externo para engajarse em situações de aprendizagem. Arriscase.	Mais voltado para o seu mundo interior, ideias e impressões. Prefere atividades individuais, relacionamentos interpessoais não são prioridade. É dotado de alto poder de concentração e autossuficiência. Necessita de um tempo para pensar antes de se expressar. Comumente não se arrisca.	
Sensação ( <b>S</b> ensing)	Intuição ( <i>i<b>N</b>tuition</i> )	
informações obtidas por meio dos seus sentidos. Lida com o mundo em termos	Mais voltado para o futuro, aos padrões e possibilidades. Buscas inovadoras exercem fascínio. Frequentemente faz inferências e conjecturas a partir de um contexto, construindo bons modelos nos quais apoia suas ideias e produções. Facilmente estrutura seu próprio treinamento. Precisão não é seu forte, por isso pode perder detalhes importantes. Em geral, apresenta complexidade excessiva nos seus discursos.	

Quadro 3 – Dimensões do MBTI (conclusão)

Pensamento ( <i>Thinking</i> )	Sentimento (Feeling)	
Prefere apoiar-se em critérios impessoais e baseia suas decisões na lógica e na análise objetiva de causas e efeitos. Costuma ser disciplinado e ansioso.	Prefere basear as decisões em valores e na avaliação subjetiva. Forte consciência social. Agrega as pessoas, promovendo motivação. Precisa de atenção e evita situações sociais tensas.	
Julgamento (Judgment)	Percepção ( <i>Perception</i> )	
Prefere abordagens planejadas e organizadas e gosta das coisas bem definidas. Mais apto a lidar com um estilo de vida planejado, organizado e bem controlado. Engaja-se no trabalho sistemático. É rígido e intolerante com a ambiguidade. Suas características podem representar um obstáculo para aprendizagem de uma segunda língua, uma vez que procura correspondência um a um entre línguas e ela não existe.	Gosta das abordagens flexíveis e espontâneas, preferindo propostas e opções abertas. Aceita facilmente mudanças e novas experiências. Falta de persistência ou consistência pode atrapalhar seu desempenho.	

Fonte: Cavellucci (2006)

Wankat e Oreovicz (1993), baseado em um estudo realizado em oito Escolas de Engenharia, destacam que as combinações de tipos mais representadas em Engenharia são as localizadas nas bordas da Figura 5.

ISTJ	ISFJ	INFJ	INTJ
ISTP	ISFP	INFP	INTP
ESTP	ESFP	ENFP	ENTP
ESTJ	ESFJ	ENFJ	ENTJ

Figura 5 – Dimensões do MBTI Adaptado de Wankat e Oreovicz (1993)

Destaca-se a constância na aparição dos tipos **T** (Pensamento) e **J** (Julgamento), características normais quando se pensa em um Engenheiro. Felder e Brent (2005) argumentam que a maioria das aulas em Engenharia estão orientadas aos *pensadores* (ênfase em análises objetivas ao invés de considerar processos de decisão interpessoais) e *juízes* (ênfase no seguimento do plano de estudos e datas de entrega ao invés da exploração de ideias e resolução criativa de problemas).

#### 2.1.3 Modelo e Ciclo de Aprendizagem de Kolb

A Teoria da Aprendizagem Experiencial foi definida por Kolb não como uma alternativa às Teorias Clássicas do Comportamento e Cognitiva, senão como uma perspectiva integradora que combina a experiência, a percepção, o conhecimento e o comportamento (KOLB,1984).

Esta perspectiva, segundo o mesmo autor, pode ser caracterizada mediante as seguintes proposições:

- a aprendizagem é melhor concebida como um *processo*, e não em termos de resultados:
- aprendizagem é um processo contínuo fundamentado na experiência;
- o processo de aprendizagem requer a resolução de conflitos entre modos dialeticamente opostos de adaptação ao mundo;
- a aprendizagem é um processo holístico de adaptação ao mundo;
- a aprendizagem envolve transações entre a pessoa e o meio ambiente;
- aprendizagem é o processo de criar conhecimento.

Este processo de aprendizagem pode ser apresentado como um ciclo (Figura 6). Conforme Wankat e Oreovicz (1993), o mesmo apresenta duas dicotomias. A primeira refere-se a como as pessoas adquirem informação. Nesse sentido os polos são a *experiência concreta* ou a *conceptualização abstrata*. Indivíduos que preferem a primeira opção gostam de experimentar e ter uma participação ativa, tendem a ser não sistemáticos. Já os segundos preferem a análise lógica, o pensamento abstrato, e em geral são sistemáticos.

A segunda dicotomia relaciona a *experimentação ativa* e a *observação reflexiva*, e se refere ao modo como as pessoas preferem transformar a experiência em conhecimento (processamento da informação). Os primeiros preferem ver resultados enquanto os segundos preferem examinar as ideias e adiar a ação.

O ciclo de aprendizagem de Kolb descreve os passos requeridos para uma aprendizagem completa. Infelizmente, os alunos geralmente só passam por uma ou duas etapas do processo, provocando geralmente uma menor aprendizagem.

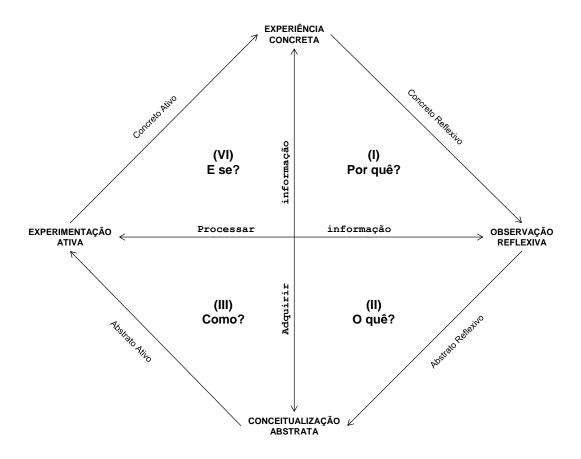


Figura 6 – Ciclo de aprendizagem Adaptado de Wankat e Oreovicz (1993)

Neste modelo, os estudantes são classificados em duas dimensões, caracterizadas pelas dicotomias anteriormente descritas. As combinações dão lugar a quatro tipos de aprendizes, descritos no Quadro 4.

Quadro 4 - Dimensões do modelo de Kolb

Tipo 1: Concreto - Reflexivo	Tipo 2: Abstrato – Reflexivo
O <i>divergente</i> . Aqueles que respondem bem às explicações de como o curso vai afetar eles. Sua pergunta característica é <i>Por quê?</i>	O assimilador. Respondem bem à informação apresentada de forma organizada e em um sentido lógico. São beneficiados si se lhes da um tempo para refletir. A pergunta característica é O quê?
Tipo 3: Abstrato - Ativo	Tipo 4: Concreto – Ativo
O convergente. Respondem bem em ambientes onde podem trabalhar de forma ativa e podem aprender num conceito seguro de prova e erro. A pergunta característica é Como?	

Fonte: Felder e Brent (2005)

Felder e Brent (2005) detalham que a maioria dos estudos realizados com alunos de Engenharia mostram que pelo geral os estudantes se encontram entre os Tipos 2 e 3. Os professores deveriam fomentar a passagem por todas as etapas, desse jeito os alunos estarão melhor preparados para "aprender a aprender", logrando, segundo esta teoria, uma aprendizagem de maior valor e mais duradoura.

Procurando um modelo de referência para o uso do ciclo no ensino de Engenharia, Belhot (1997) explica que a atividade de ensino encontra-se fortemente baseada nas etapas do "o quê?" e o "como?". O autor propõe quatro abordagens (uma para cada etapa) formando um referencial teórico para o desenvolvimento de estratégias de ensino (Figura 7). O ciclo começa na abordagem Prospectiva e avança no sentido horário. De acordo com Belhot (1997), o ciclo tem forma de espiral, já que o mesmo pode ser aplicado a cada assunto incorporado como conteúdo de uma disciplina.

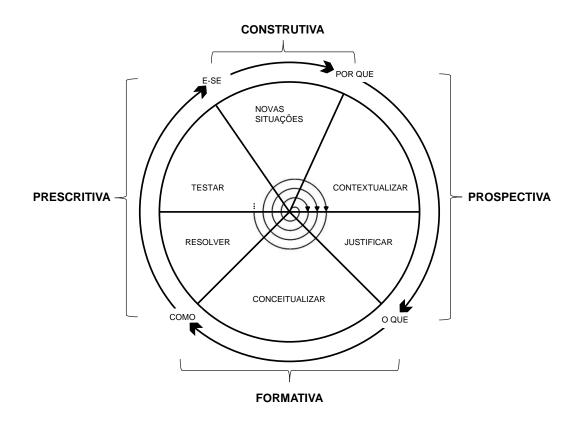


Figura 7 – Ciclo modificado de ensino-aprendizagem Adaptado de Belhot (1997)

No Quadro 5, são apresentadas cada uma das abordagem e as suas características.

Quadro 5 - Abordagens para elaboração de estratégias educacionais

Abordagem	Características
Prospectiva	Contextualização da disciplina ou de um tópico (problema). Justificar a sua importância e o porquê da sua inclusão. Estimulação dos alunos para criar interesse no assunto.
Formativa	Apresentar os conceitos que ajudam a solucionar o problema proposto. Escolha dos recursos para a transmissão de conhecimentos é importantíssima. O uso do computador deve ser considerado (slides, simulações).
Prescritiva	Os problemas identificados são resolvidos. Unem-se a teoria e a prática. O computador ajuda na resolução de problemas cada vez maiores e complexos.
Construtiva	Criação de novos problemas. Uso de situações abertas. Integração da experiência e estimulação da criatividade. O computador pode ser utilizado na forma de simuladores.

Fonte: Belhot (1997)

### 2.1.4 Modelo de Ensino – Aprendizagem de Felder - Silverman

Felder e Silverman (1988) apresentam um modelo que não só inclui os estilos de aprendizagem, também propõem um modelo de estilos de ensino complementar ao primeiro, que classifica os métodos de instrução de acordo a como eles se adéquam aos componentes dos estilos de aprendizagem propostos.

Os autores argumentam que os professores deveriam aplicar distintos estilos de ensino, de modo a tentar abranger a maioria dos alunos. Porém, atender a cada aluno segundo o seu estilo de aprendizagem tampouco o favorece. Os estudantes deveriam poder melhorar as suas habilidades em diferentes estilos. O professor deve ajudar nessa tarefa.

Os autores apresentaram originalmente cinco dimensões de estilos de aprendizagem, no entanto no texto revisado em 2002 (o utilizado aqui), uma dimensão foi eliminada. No Quadro 6, as mesmas estão exibidas.

Quadro 6 - Dimensões do modelo de Felder - Silverman

Ativos	Reflexivos	
Tendem a reter e compreender informações mais eficientemente discutindo, aplicando conceitos e/ou explicando para outras pessoas. Gostam de trabalhar em grupos.	sobre as informações recebidas. Preferem os	
Racionais	Intuitivos	
Gostam de aprender fatos. São mais detalhistas, memorizam fatos com facilidade, saem-se bem em trabalhos práticos (laboratório, por exemplo). Tendem a ser mais práticos e cuidadosos do que os intuitivos.	Preferem descobrir possibilidades e relações. Sentem-se mais confortáveis em lidar com novos conceitos, abstrações e fórmulas matemáticas. São mais rápidos no trabalho e mais inovadores.	
Visuais	Verbais	
Lembram mais do que viram – figuras, diagramas, fluxogramas, filmes e demonstrações.	Tiram maior proveito das palavras – explicações orais ou escritas.	
Sequenciais	Globais	
Preferem caminhos lógicos, aprendem melhor os conteúdos apresentados de forma linear e encadeada.	Lidam aleatoriamente com conteúdos, compreendendo-os por "insights". Depois que montam a visão geral, têm dificuldade de explicar o caminho que utilizaram para chegar nela.	

Fonte: Cavellucci (2006)

Como explicado anteriormente, paralelo a esses *estilos para aprender* se encontram os *estilos de ensino* utilizados pelo professor na hora de ministrar um curso. Os estilos têm uma relação direta, i.e., cada estilo de ensinar favorece um estilo de aprendizagem. No Quadro 7 estão confrontados cada um deles.

Quadro 7 – Estilos de aprendizagem vs. Estilos de ensino

Estilo de Aprendizagem Preferido (ALUNO)		Estilo de Ensinar Correspondente (PROFESSOR)	
Sensorial (imagens, sons, sensações)  Intuitivo (definições, teoria)	percepção (que tipo de informação o aluno preferencialmente percebe?)	Concreto (fatos)  Abstrato (conceitos - teoria)	transmissão (que tipo de informação é preferencialmente transmitida aos alunos?)
Visual (imagens - slides - diagramas)  Verbal (palavras, sons)	aquisição (por qual canal sensorial o aluno melhor recebe informação)	Visual (figuras - slides)  Verbal (leituras, discussões)	forma de apresentação (como prefere o professor apresentar a informação?)
Ativo (experiências físicas, discussão)  Reflexivo (introspeção)	processamento (como o aluno processa novas informações?)	Ativa (aluno fala, se movimenta)  Passiva (vêm e escutam)	participação do aluno (qual modo de participação é favorecida com a apresentação do professor?)
Sequencial (pequenos avanços)  Global (holisticamente)	compreensão (como o aluno progressa da aquisição da informação até a compreensão da mesma?)	Sequencial (apresentação passo a passo - as árvores)  Global (contexto e relevância - o bosque)	enfoque (como é apresentada essa informação)

Fonte: Felder e Silverman (1988)

Finalizando, Felder e Silverman (1988) detalham algumas técnicas para lidar com todos os estilos de aprendizagem (destacam-se em negrito as mais relacionadas ao trabalho):

- motivar a aprendizagem, mostrar por quê é importante o assunto a tratar, relacionar os temas;
- fornecer um equilíbrio entre conceitos abstratos e informação concreta;

- balancear também o material dedicado à resolução prática de problemas com aquele que implique um entendimento aprofundado dos temas;
- utilizar o método científico na apresentação de material teórico. Fornecer exemplos concretos do fenômeno em estudo, logo desenvolver a teoria, mostrar como a mesma pode ser validada e para finalizar deduzir as consequências. Por último apresentar aplicações;
- utilizar figuras, desenhos, esquemas antes, durante e depois de uma apresentação do tipo verbal. Utilize demonstrações que facilitem a participação ativa dos alunos;
- empregar a instrução assistida por computador;
- intercalar pequenos intervalos de descanso em uma aula que seja principalmente expositiva;
- fornecer oportunidades para que os alunos façam alguma atividade além de realizar anotações. Trabalhos em pequenos grupos são considerados muito bons:
- utilizar exercícios que fomentem o pensamento sequencial, porém também é aconselhável empregar problemas abertos que favorecem as tarefas de análise e síntese;
- oferecer a opção de realizar tarefas de casa em grupo (alunos ativos aprendem melhor desse jeito);
- aplaudir as soluções criativas, até as incorretas;
- conversar com os alunos sobre os estilos de aprendizagem.

# 2.1.5 Teoria das inteligências múltiplas

Salgado Gama (2000) define esta teoria como uma alternativa ao conceito de que existe uma única inteligência. Para Gardner (o autor desta teoria), a inteligência é definida como a habilidade para resolver problemas ou criar produtos que sejam significativos em um ou vários ambientes culturais.

Gardner identificou primeiramente sete inteligências, logo acrescentou mais uma (GARDNER, 1994). Salgado Gama (2000) afirma que "ele (Gardner) postula

que essas competências intelectuais são relativamente independentes [...] porém elas raramente estão presentes isoladamente." No Quadro 8, estão resumidas as oito inteligências.

Quadro 8 – Inteligências Múltiplas (continua)

Inteligências	Definição	Exemplos	O aluno destaca-se em:	Gosta de:	Aprende melhor:
LÓGICO - MATEMÁTICA	Utilizada na resolução de problemas de lógica e matemáticas. Relacionada ao hemisfério lógico.	Cientistas	Matemáticas, argumentação, lógica, resolução de problemas.	Resolver problemas, questionar, trabalhar com números, experimentar.	Usando pautas e relações, classificando, trabalhando com o abstrato.
LINGUÍSTICO – VERBAL	Seus componentes são uma sensibilidade para os sons, ritmos e significados das palavras.	Escritores Poetas Redatores	Leitura, escritura, narração de historias, memorização de datas, pensa em palavras.	Ler, escrever, contar contos, falar, memorizar, fazer quebra- cabeças.	Lendo, ouvindo e vendo palavras, falando, escrevendo, discutindo e debatendo.
CORPORAL - CINESTÉSICA	Capacidade de utilizar o próprio corpo para realizar atividades ou resolver problemas.	Esportistas Artesãos Cirurgiões Dançarinos	Atletismo, dança, arte dramático, trabalhos manuais, utilização de ferramentas.	Mover-se, tocar e falar, linguagem corporal.	Tocando, movendo- se, processando informação através de sensações corporais.
ESPACIAL	Consiste em formar um modelo mental do mundo em três dimensões.	Marinheiros Engenheiros Cirurgião Escultores Arquitetos Decoradores	Leitura de mapas, gráficos, desenhando, labirintos, quebra-cabeças, imaginando coisas, visualizando.	Desenhar, construir, criar, sonhar desperto, olhar desenhos.	Trabalhando com desenhos e cores, visualizando.
MUSICAL	Habilidade para apreciar, compor ou reproduzir uma peça musical.	Cantores Compositores Músicos Dançarinos	Cantar, reconhecer sons, lembrar melodias, ritmos.	Cantar, tocar um instrumento, ouvir música.	Ritmo, melodia, cantar, ouvir música e melodias.
INTERPESSOAL	Permite entender aos demais. Habilidades de empatia.	Vendedores Políticos Professores Terapeutas	Entendendo às pessoas, liderando, organizando, comunicando, resolvendo conflitos, vendendo.	Ter amigos, falar e juntar- se com pessoas.	Compartilhando, comparando, relacionando, entrevistando, cooperando.
INTRAPESSOAL	Permite entender a nós mesmos. Não está associada a nenhuma atividade concreta.	Todos nós	Entendendo-se a si mesmo, reconhecendo seus pontos fortes e suas debilidades, estabelecendo objetivos.	Trabalhar só, refletir, seguir os seus interesses.	Trabalhando sozinho, fazendo projetos a seu próprio ritmo, tendo espaço, refletindo.

Quadro 8 – Inteligências Múltiplas (conclusão)

Inteligências	Definição	Exemplos	O aluno destaca-se em:	Gosta de:	Aprende melhor:
NATURALISTA	Utilizada quando observamos e estudamos a natureza.	Biólogos Botânico	Entendendo a natureza, fazendo distinções, identificando a flora e a fauna.	Participar na natureza, classificar.	Trabalhar no meio natural, explorar os seres viventes, aprender acerca de plantas e temas relacionados com a natureza.

Fonte: Nicholson-Nelson<sup>2</sup> (1998 apud Luca, 2011)

Esta seção teve por objetivo apresentar alguns estudos sobre a aprendizagem humana. Destaca-se que todas as teorias colocam o foco na existência das diferenças que as pessoas têm para adquirir e processar informações (aprender). É importante levar em consideração estas questões na hora de pensar quais serão as estratégias que os professores utilizarão nas suas aulas. As estratégias, em conjunto com outros elementos, podem ser formalizadas na forma de planos de ensino, tema da seguinte seção.

### 2.2 PLANEJAMENTO DO ENSINO

Conforme Belhot (1997), o planejamento do ensino deve abranger todas as atividades que serão desenvolvidas tanto pelo professor quanto pelo corpo discente. Para isto, antes de começar o curso, o professor deve analisar a realidade onde o mesmo será implementado, quais serão os objetivos a serem alcançados, quais recursos ele precisa e com quais ele já conta. O objetivo final é tornar o processo de ensino – aprendizagem o mais eficiente e eficaz possível.

Os resultados de este processo são os diferentes planos elaborados, descritos a seguir.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Nicholson - Nelson, K. **Developing Students' Multiple Intelligences.** New York: Scholastic Professional Books, 1998.

#### 2.2.1 Planos de Ensino

Conforme Abreu e Masetto (1990), o plano de ensino organiza as ações e decisões do professor numa ordem sequencial e hierárquica. Ele é utilizado como guia, porém, também pode ser empregado como instrumento de comunicação em vários sentidos. Entre professor e alunos, para que os segundos saibam o que vai acontecer na disciplina. Entre professor e representantes da instituição, por exemplo, o Coordenador do Programa, para expor o que está sendo ministrado, e dessa maneira verificar se o conteúdo se adequa aos objetivos da instituição. Por último, o plano pode ser compartilhado com professores de disciplinas afins, para corroboração de temas e, por exemplo, evitar a sobreposição em diferentes cursos.

É importante destacar que o plano norteia as atividades, contudo, ele deve ser flexível para se adaptar aos diferentes públicos alvos, i.e., as diferentes turmas que vão passando pela disciplina. Existem diferentes planos, desde o plano de uma disciplina, até os planos das unidades temáticas (cada unidade temática de uma disciplina pode ter seu próprio plano). Esses últimos serão chamados de planos das unidades, sem perda de significado. Podem até existir planos mais gerais, por exemplo, um plano do curso de Engenharia de Produção. Entretanto, eles exibem uma estrutura semelhante (vide Figura 8). A seguir são descritos cada um dos seus componentes, e, quando possível, apresentadas a diferenças entre plano da disciplina e da unidade.



Figura 8 – Componentes de um plano de ensino

# 2.2.2 Identificação

Ele contém informação do curso. Geralmente é colocado sob a forma de cabeçalho. Conforme Abreu e Masetto (1990), ele é uma parte importante no sentido da informação que oferece aos alunos ou outros professores, pensado o plano como instrumento de comunicação.

No plano da disciplina, podem-se colocar as seguintes informações:

- disciplina;
- curso, unidade e Universidade;
- nome(s) do(s) professor(es);
- semestre, ano;
- n° aulas, n° de alunos;
- monitor(es).

Já no plano da unidade, as informações podem incluir:

- disciplina;
- unidade n°;
- assunto;
- duração em aulas.

### 2.2.3 Objetivos educacionais

Os objetivos formam a parte orientadora do resto do plano e descrevem qual é a função da disciplina no curso (ABREU; MASETTO, 1990). É importante que os mesmos sejam objetivos de aprendizagem, vinculados ao que se espera dos alunos ao final das aulas. Os objetivos das unidades são semelhantes. Eles indicam até que ponto da aprendizagem os alunos têm que chegar ao finalizar a unidade.

Podem-se encontrar na literatura várias formas de estabelecer objetivos. Uma delas permite dividi-los segundo o escopo. Conforme Abreu e Masetto (1990), os mesmo podem se separar em objetivos ligados a:

- Conhecimentos: geralmente o aluno tem que incorporar muita informação durante uma disciplina, em forma de teorias, fatos, conceitos, princípios, etc.;
- Habilidades: compreende todo que um aluno tem que aprender a fazer desenvolvendo capacidades intelectuais, afetivas, psíquicas e motoras;
- Atitudes: comportamentos que foram modificados e/ou incorporados pela passagem pela disciplina.

Juntos formam as competências que a aprendizagem busca promover.

Outra forma de classificação é a denominada Taxonomia de Bloom (NAKAO; GRIMONI, 2010; FERRAZ; BELHOT, 2010). Os objetivos são então divididos em três domínios:

- Cognitivo: relacionado com pensamento, conhecimento e resolução de problemas. Semelhante ao item "conhecimento" da classificação anterior.
   Muito utilizados na definição de objetivos dos planos das unidades;
- <u>Psicomotor</u>: relacionado com habilidades manuais e motoras. Ligado aos objetivos de habilidades da classificação anterior;
- Afetivo: relacionado a atitudes, valores, interesses. Ligado aos objetivos atitudinais. Usado geralmente em objetivos do plano de disciplina.

O Quadro 9 apresenta a Taxonomia para os domínios Cognitivo e Afetivo, geralmente os mais usados em um curso de PCP. Cada nível faz uso e é fundamentado pelas categorias precedentes. Ainda, existe certo grau de correspondência entre os níveis dos dois domínios (TEIXEIRA, 2011). O mesmo autor sugere que o ideal seria de que por meio do processo de ensino—aprendizagem, no final da disciplina os alunos tenham chegado até os níveis superiores da taxonomia.

Quadro 9 – Domínios Cognitivo e Afetivo segundo Bloom

Domínio Cognitivo	Domínio Afetivo	
1 – Conhecimento	1 – Recebimento	
2 – Compreensão	2 – Resposta	
3 – Aplicação	3 – Valorização	
4 – Análise	4 Conscitues ão	
5 – Síntese	4 – Conceituação	
6 – Avaliação	5 – Organização e Caracterização	

Fonte: Teixeira (2011)

Segundo Belhot (1997), os objetivos devem ser observáveis e mensuráveis. Existe também uma preocupação com a verbalização dos objetivos, dado que eles têm que apresentar o que se espera que o aluno aprenda, e não o que o professor vai ensinar (conteúdo). Alguns verbos que podem ser utilizados em cada um dos domínios da Taxonomia de Bloom se encontram no Quadro 10.

Quadro 10 – Verbos úteis para definição de objetivos

Domínio	Verbos úteis
Objetivos Cognitivos	PREENCHER – EXPLICAR – DEFINIR – EXEMPLIFICAR – ENUMERAR – CONSTRUIR – RESOLVER – DISCRIMINAR – INDICAR – DESCREVER – CALCULAR – ANALISAR
Objetivos Afetivos	ACEITAR – PARTICIPAR – ASSUMIR – SATISFAZER – PERCEBER – VALORIZAR – DESEJAR – TER CONSCIÊNCIA DE – TER PRAZER DE
Objetivos Psicomotores	OPERAR – CONTROLAR – ACIONAR – REGULAR – MONTAR – CALIBRAR – CONSTRUIR

Fonte: Nakao e Grimoni (2010)

### 2.2.4 Conteúdo

Neste ponto, detalham-se todos os temas a serem tratados durante o curso, os quais devem ser coerentes com os objetivos planejados anteriormente. No plano da disciplina, explicita-se o número de unidades que a compõem, o tema de cada uma, e a duração em número de aulas. Pode-se incluir também a bibliografia a

utilizar. Ela especifica todo o material que é utilizado na disciplina. Pode ser classificada em obrigatória e complementar (para aprofundamento de conceitos) (ABREU; MASETTO, 1990).

Já nos planos das unidades se apresentam, para cada unidade, quais são os principais conceitos e as suas relações. Se for inclusa a bibliografia, esta deverá indicar os textos obrigatórios e recomendados, incluindo o número das páginas.

# 2.2.5 Estratégias de Ensino – Aprendizagem

Conforme Abreu e Masetto (1990), as estratégias indicam as atividades que serão organizadas pelo professor, visando que o aluno alcance os objetivos planejados. Estas atividades deveriam posteriormente ser mais detalhadas e especificadas nos planos de cada unidade.

Segundo Cavellucci (2006), as estratégias de aprendizagem são maneiras de lidar com as diferentes formas nas quais as informações são apresentadas e as situações de aprendizagem são organizadas. Elas funcionam para superar as dificuldades na transmissão das informações e definir quais preferências de aprendizagem dos alunos serão as mais potencializadas. Destaca-se que quanto maior o número de estratégias o aluno tiver desenvolvido, maior será a sua chance de aproveitar e lidar com as experiências de aprendizagem vivenciadas no processo de ensino–aprendizagem.

Abreu e Masetto (1990) apresentam várias estratégias para aprendizagem, condensadas no Quadro 11. As mesmas estão agrupadas de acordo com objetivos que cada uma persegue. Agrupam-se por objetivos afins, i.e., juntam-se estratégias que atingem objetivos comuns (utilizadas em conjunto, têm maiores probabilidades de alcançar os mesmos).

Quadro 11 – Estratégias para aprendizagem e os objetivos que perseguem

	T	izagem e os objetivos que perseguem
Grupo	Estratégia	Objetivos
Primeiro encontro: aquecimento; desbloqueio	<ul> <li>Apresentação simples</li> <li>Apresentação cruzada em duplas</li> <li>Completar frases</li> <li>Desenhos em grupos</li> <li>Deslocamento físico</li> <li>Brainstorming</li> </ul>	<ul> <li>Conhecimento do grupo em um clima descontraído</li> <li>Preparar a classe para um relacionamento mais vivo e caloroso</li> <li>Expressar problemas ou expectativas que afetam ao grupo</li> <li>Produzir grande quantidade de ideias em prazo curto</li> <li>Clarificar as percepções entre os membros da classe</li> </ul>
Situações simuladas	<ul> <li>Dramatização, desempenho de papeis, jogos dramáticos, jogos de empresa</li> <li>Estudo de caso</li> </ul>	<ul> <li>Desenvolver habilidades de resolução de problemas reais</li> <li>Desenvolver empatia (executando diferentes papeis)</li> <li>Alcançar objetivos do tipo atitudinal (valores)</li> </ul>
Confronto com situações reais	Estágios, excursões, prática didática, prática clínica, condução de pesquisas	Preparar-se para a vida profissional
Pequenos grupos	<ul> <li>Grupos com uma só tarefa</li> <li>Grupos com tarefas diversas</li> <li>Grupos de integração horizontal – vertical, ou painel integrado</li> <li>Grupos de verbalização e de observação (GV – GO)</li> <li>Diálogos sucessivos</li> <li>Grupos de oposição</li> <li>Grupos para formular questões</li> </ul>	<ul> <li>Favorecer a diversidade de interpretações</li> <li>Desenvolver a capacidade grupal</li> <li>Ter maior oportunidade de participação individual ativa</li> <li>Aumentar a possibilidade de acompanhamento individual pelo professor</li> <li>Aprofundar a discussão de um tema</li> <li>Desenvolver habilidade de estudar um problema em equipe</li> <li>Tornar alunos independentes da autoridade do professor</li> </ul>
Especialistas e/ou preparação prévia	<ul><li>Seminário</li><li>Painel</li><li>Simpósio</li></ul>	Aprofundar nos conceitos
Ação centralizada no professor	Aula expositiva     Debate com a classe toda	<ul> <li>Conhecer o interesse intrínseco da matéria</li> <li>Conhecer o estado da arte da disciplina</li> <li>Expor a experiência pessoal do professor</li> <li>Apresentar informações já sintetizadas e organizadas</li> <li>Esclarecer dúvidas</li> <li>Fomentar a participação ativa dos alunos no debate</li> </ul>
Pesquisas e projetos	<ul> <li>Alunos tomam iniciativa na busca de informações</li> <li>Devem selecionar, organizar, comparar e analisar os dados</li> <li>Fazer inferências</li> <li>Levantar e testar hipóteses</li> <li>Realizar conclusões e comunicá-las</li> </ul>	<ul> <li>Criar iniciativa na busca de informações, dados, etc. por parte do aluno</li> <li>Desenvolver habilidades de manipulação de dados</li> <li>Realizar inferências</li> <li>Levantar hipóteses</li> <li>Concluir</li> <li>Comunicar resultados</li> </ul>
Base em literatura e escrita	<ul><li>Leituras</li><li>Trabalhos escritos</li><li>Material programado</li></ul>	<ul> <li>Informar-se sobre conceitos</li> <li>Informar-se sobre fatos</li> <li>Conhecer o pensamento de diferentes especialistas</li> <li>Conhecer os últimos avanços</li> <li>Conhecer o interesse intrínseco da matéria</li> <li>Obter informações que permitam a reflexão pessoal</li> <li>Reproduzir informações obtidas anteriormente</li> <li>Registrar a opinião pessoal</li> <li>Organizar as próprias ideias em uma forma clara e lógica</li> <li>Ter a própria aprendizagem acompanhada pelo professor</li> <li>Desenvolver habilidades de comunicação por escrito</li> </ul>

Fonte: Abreu e Masetto (1990)

Em relação às estratégias, Cavellucci (2006) destaca alguns pontos importantes:

- todo aluno é diferente na forma em que ele recebe e processa informações,
   i.e., como ele aprende (vide ponto 2.1.1);
- uma única estratégia de ensino não vai atingir a todo o corpo discente de igual forma, destaca-se a utilização de mídias diferentes (impressa, digital, etc.);
- a combinação de diferentes estilos de trabalho beneficia diversas preferências de aprendizagem;
- o professor tem que ter consciência das suas próprias preferências de aprendizagem e as dos seus alunos. Isto deve impactar no planejamento da disciplina e orienta ao professor na escolha das estratégias a serem aplicadas;
- o aluno precisa conhecer quais são suas preferências nos estilos de aprendizagem, para se sentir melhor preparado quando tenha que lidar com diferentes situações, várias vezes distintas às preferidas por ele.

### 2.2.6 Avaliação

Conforme Belhot (1997), a avaliação procura medir se os objetivos planejados no princípio do curso estão sendo atingidos. Segundo o mesmo autor:

A avaliação, portanto, deve ser encarada como um indicador de deficiências que devem ser superadas com o auxílio do professor, e não como o ponto final do processo de ensino – aprendizagem. Como consequência, e na medida do possível, a avaliação deve ser feita durante o processo, e não somente ao seu final (BELHOT, 1997, p.28).

Segundo Abreu e Masetto (1990), a avaliação é um processo que não pode ver-se separado do processo de ensino—aprendizagem. Ele é contínuo, durante todo o curso, voltado para o desempenho do aluno. No entanto, também devem ser avaliados o desempenho do professor, além da adequação do plano ao curso.

Ainda, e dentro das possibilidades, pode ser aplicado o conceito de autoavaliação do aluno. Algumas técnicas de avaliação são exibidas no Quadro 12.

Quadro 12 – Técnicas de avaliação

Avaliação	Objetivos	Técnicas	Avaliadores
		Prova Discursiva, dissertação ou ensaio	Professor
		Prova oral, entrevista	Aluno
	Conhecimentos	Prova objetiva:	
	Connectinentes	- questões de lacunas	
		- questões falso - verdadeiro	
		- questões de múltipla escolha	
Desempenho do		Registro de incidentes críticos	Professor
Aluno	Habilidades	Lista de verificação	Aluno
		Prova prática	
		Prova oral, entrevista	Professor
		Diário de curso	Aluno
	Atitudes	Prova discursiva, dissertação ou	
		Ensaio	
		Registro de incidentes críticos	
	Alcance dos Objetivos	Pré e pós - teste	Especialista em currículo
		Indicadores do aproveitamento	Professor
	Objetivos	Debates	Aluno
	Coerência ou consistência	Debates	Especialista em currículo e
Plano			planejamento
i idilo	interna  Relacionamento com os objetivos do curso e/ou instituição	Questionário	Professores
			Professor
		Debates	Aluno
			Chefes de Departamento
		Dispersions out and a dispersion of	Diretores
	Atividade de Ensino	Planejamento de disciplina	Coordenador Pedagógico
		Entrevista	Chefe de Departamento Comissões ou colegiados de
Desempenho do Professor		Observação	curso
			Aluno
		Relatórios	Departamento
	Atividade de Pesquisa	Publicações (livros, artigos, etc.)	Comissão ou colegiado
		Teses Defendidas	responsável pela pesquisa
		Concursos	
		Participação em congressos, seminários e simpósios	

Fonte: Abreu e Masetto (1990)

As provas sempre são um componente importante da avaliação, portanto o plano deve conter quais vão ser as avaliações aplicadas ao corpo discente, sua frequência e, caso existir, como serão as reavaliações. Também, para um melhor

planejamento tanto dos alunos como do corpo docente, pode se estabelecer as datas das provas.

# 2.3 CASOS DIDÁTICOS

A seção anterior ofereceu a base conceitual a partir da qual foram elaborados os planos de ensino utilizados no trabalho. Leva-se em consideração também as sugestões apresentadas na seção 2.1.

A principal estratégia escolhida para implantar neste trabalho foi o caso didático apoiado em aplicativos informáticos, dentro do grupo de estratégias denominado situações simuladas. O estudo de caso para ensino (ou como é chamado neste trabalho, caso didático, para diferenciá-lo do método de pesquisa estudo de caso) pode ser definido de várias formas, duas delas são:

- São atividades centradas no aluno com base em tópicos que demonstram conceitos teóricos de forma prática (DAVIS; WILCOCK, 2012);
- Para Mintzberg (2004):

Um caso é um maço de papéis, de cerca de dez a vinte páginas, compostas principalmente de palavras no texto e, muitas vezes números nos apêndices, às vezes com algumas fotos, que descreve uma situação de negócio geralmente em uma única empresa com um protagonista em algum tipo de encruzilhada, tendo que tomar uma decisão (MINTZBERG, 2004, p.48).

Graham (2010) explica que muitos casos, principalmente os empregados no ensino, não fornecem todos os fatos. Isso produz um desafio nos alunos para acrescentar as suas próprias interpretações.

O mesmo autor detalha as características dos casos didáticos (Quadro 13):

Quadro 13 – Características dos casos didáticos

Fonte de informação	Fato ou ficção
Objetivos de aprendizagem	Objetivos específicos de aprendizagem (em geral vinculados à teoria)
Formatos	Ampla gama de formatos para se adequar a uma situação de ensino
Abordagem geral	Extrai lições relevantes para fins de ensino
Benefícios individuais	Desenvolve habilidades, análise de trabalho em grupo, de comunicação, de resolução de problemas, etc.
Características específicas	Teoria e prática combinadas

Fonte: Graham (2010)

Davis e Wilcock (2012) enumeram outra série de benefícios do uso desta estratégia em ensino:

- permite a aplicação prática de conceitos teóricos a serem demonstrados,
   pelo tanto fechando a lacuna entre teoria e prática;
- encoraja a aprendizagem ativa (alunos tomando uma posição não passiva nas aulas);
- fornece oportunidades aos alunos para desenvolver habilidades chaves, tais como comunicação, trabalho em equipe, resolução de problemas, análises e busca de informação, administração do tempo, habilidades de apresentação, etc.;
- pode elevar o prazer dos alunos pelo assunto a ser estudado, portanto elevando também a vontade de aprender.

Como informado no Quadro 13, o caso pode ser real (por exemplo, tomando uma situação enfrentada por alguma empresa, as vezes eles são chamados de casos de sucesso) ou fictício, escrito pelo professor ou por alunos.

Conforme Davis e Wilcock (2012) existem riscos associados a esta estratégia:

 Trabalho em equipe: geralmente não é fornecido junto com o caso um treinamento neste tipo de trabalho. Também, existe o risco de que a participação na resolução do caso não seja igual entre os integrantes do grupo;

- Explicação dos requisitos para resolver o caso: o autor explica que na sua experiência os alunos muitas vezes desejam mais informação sobre o que se espera deles na resolução do caso;
- Nível de aprofundamento da aprendizagem: em casos onde os alunos devam fazer algum tipo de pesquisa, existe o risco que tudo o que deva ser pesquisado venha de uma única fonte: internet. Os autores explicam que, embora ela seja um recurso valioso, geralmente se traduz em uma aprendizagem não muito profunda;
- Valor da nota: o professor tem que decidir o peso do caso didático na nota da disciplina, embora possa ocorrer que o aluno que trabalhou muito no caso perceba que seu trabalho não foi valorado corretamente;
- Trabalho em excesso: a inclusão de um caso didático em uma disciplina deve levar em consideração a carga de trabalho do mesmo, tentando que ele não prejudique o tempo de trabalho em outras disciplinas.

O caso didático elaborado neste trabalho faz uso de softwares para a resolução do mesmo. Eles podem ser considerados como modelos que emulam com um determinado grau de precisão uma situação da realidade ou certo processo/fenômeno conhecido. Ajudam nas aulas a elaborar diferentes cenários para o problema planteado, permitindo a elaboração de conclusões baseadas em análises do tipo "e se".

Programas informáticos têm sido aplicados em educação de várias formas: jogos de empresas, modelagem de processos de negócios, casos de estudo (esses formatos muitos empregados no ensino de administração de empresas), para fins de experimentação em disciplinas básicas como física e química, como também em disciplinas mais aplicadas, como análises de estruturas.

No caso que compete ao trabalho têm-se vários tipos de software que podem ser utilizados nas aulas. Podem ser classificados em:

 Softwares comerciais professionais: por exemplo, pode ser empregado um sistema profissional de Programação da Produção para simular regras de despacho. O preço, a licença e a complexidade (ao serem usados na vida real) dos mesmos podem atentar contra o uso deles;

- Softwares livres: é qualquer programa de computador que pode ser usado, copiado, estudado, modificado e redistribuído com algumas restrições (definição da Free Software Foundation, 2012);
- Sistemas didáticos: programas criados com fins educativos, muitas vezes realizados pelos próprios professores.

No capítulo cinco serão explicados quais softwares foram empregados como apoio à aplicação do estudo de caso.

A continuação, no capitulo três, são apresentados conceitos referentes ao objeto de estudo, i.e., os sistemas de programação da produção do tipo MRP e APS, dentro do tópico geral "Planejamento e Controle da Produção".

# **3 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO**

### 3.1 CONCEITOS

As mudanças ocorridas nas últimas décadas na Tecnologia da Informação, junto com o fenômeno da globalização, fez com que as empresas de manufatura, em particular a Gestão da Produção, tivessem que ampliar seus esforços para se manterem competitivas. Os Sistemas de Produção, através de processos de transformação, movimentação e armazenagem, convertem materiais em produtos acabados. Para isto, utilizam recursos de produção (pessoas, máquinas, gestão, capital, etc.). Procura-se um produto de maior valor agregado para os clientes. Um objetivo essencial da Gestão da Produção é conseguir a realização eficiente destes processos.

Conforme Davis; Aquilano e Chase (2001) a criação de valor vem acompanhada da seleção das prioridades competitivas que vão apoiar a estratégia adotada pela empresa. As cinco prioridades identificadas são:

- Custo: proporcionar produtos ao menor custo;
- Qualidade: entregar produtos com alta qualidade;
- Entrega: prometer prazos curtos e cumpri-los;
- Flexibilidade: adaptar-se rapidamente às variações de mix e volume;
- Serviço: oferecer valor agregado não só com o produto em si, senão também com os serviços que acompanham ao mesmo (por exemplo, fornecendo um atendimento de pós-venda).

Como se pode observar na Figura 9, até a década de setenta o foco estava na minimização dos custos, a partir dessa década as empresas concentraram-se na maximização do valor para o cliente. Também, até meados dos anos oitenta, identifica-se a Estratégia de Manufatura como fonte das vantagens competitivas. Depois, reconheceu-se à Tecnologia da Informação como outra fonte, chegando até nossos dias.

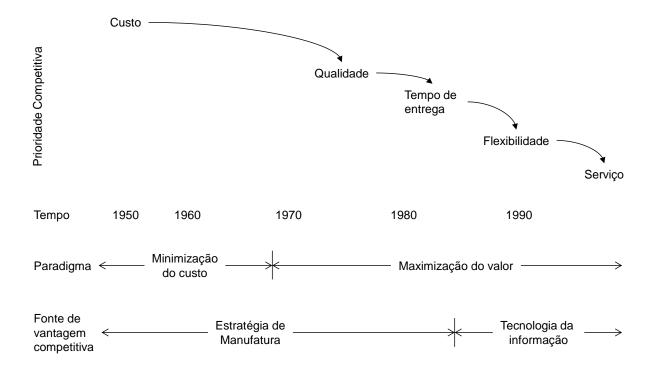


Figura 9 – Prioridades competitivas no tempo Adaptado de Davis; Aquilano e Chase (2001)

# 3.1.1 Sistemas de Produção

Lustosa *et al.* (2008) classificam os Sistemas de Produção nas seguintes categorias:

- 1. <u>Produção em linha</u>: processos que têm uma sequência de operações bem definida. As mesmas apresentam um fluxo de tipo linear. Tradicionalmente são sistemas muito eficientes, porém inflexíveis. Pode-se subdividir esta categoria em dois tipos de produção:
  - Processos contínuos;
  - Processos repetitivos em massa.

Os processos contínuos envolvem produtos que não podem ser identificados individualmente, com alta uniformidade na produção. Produtos e processos são interdependentes, diminuindo sua flexibilidade. Geralmente são indústrias de capital intensivo. Exemplo: indústria química. Já os processos repetitivos em massa empregam um tipo de produção em grande escala, com produtos padronizados e

demandas estáveis, estrutura especializada, obtendo uma baixa flexibilidade. Exemplo: linha de montagem de veículos e eletrodomésticos.

- 2. Produção intermitente: são aqueles que produzem uma maior variedade de produtos em menores volumes, com roteiros de produção diferentes, possuem maior flexibilidade e geralmente os equipamentos são agrupados por semelhança em setores ou centros de produção, caracterizando um layout funcional. Como desvantagem, pode-se nomear a dificuldade de programação e controle das operações, devido ao fluxo não linear, resultando em uma menor eficiência. Esta categoria pode ser subdividida em:
  - Lotes para estoque (Make-to-Stock MTS);
  - Contra pedido (<u>Make-to-Order</u> MTO);
  - Montagem contra pedido (<u>Assemble-to-Order</u> ATO).

A primeira subcategoria (MTS) envolve um volume médio de produção, produtos padronizados, produção em lotes, utilizando sequências de operações que devem de ser programadas. Mais flexível que o processo repetitivo em massa, porém, menos eficiente. Utiliza equipamentos de uso geral e pessoal polivalente. Podem ser observadas demandas com flutuações. Neste sistema o fornecedor fabrica os produtos e os vende desde o inventário de produto acabado. O lead time (entendido ele como o prazo de entrega, i.e., o tempo entre a entrada de um pedido e a entrega do mesmo) é o menor (vide Figura 10). O cliente tem pouco envolvimento direto com o desenho do produto. Um dos desafios nesta estratégia é obter uma alta acurácia nas previsões, já que as decisões de produção são baseadas nelas. Intenta-se balancear um adequado nível de serviço com o nível dos estoques de produto acabado (ARNOLD, 1998). Exemplo: indústria têxtil. A segunda subcategoria (MTO) se caracteriza por volumes de produção baixos, grande flexibilidade devida ao uso de equipamento de uso geral e mão de obra altamente qualificada, produtos não padronizados com sequências diferentes. As decisões de produção se baseiam em pedidos em firme. Aqui, o fabricante não começa a produção do produto até que não é recebida a ordem do cliente. O produto final é

usualmente feito desde itens padrões, porém eles podem incluir componentes customizados. O lead time é maior do que no MTS devido a que se incluem as fases de fabricação e montagem. O estoque é mantido na forma de matérias primas. Conforme Dumond (2005), os dois maiores desafios que esta estratégia apresenta são a determinação de datas de entrega realistas para os clientes, e o desenvolvimento de programas viáveis de produção que atendam os requisitos de entrega (já que pelo fluxo não linear geram-se filas na frente dos recursos, como também ociosidade dos equipamentos). Exemplo: indústria de embalagem. A última subcategoria (ATO) é geralmente utilizada em sistemas híbridos. O produto é fabricado desde componentes padrões (semiacabados) mantidos em inventário. A montagem do produto final inicia-se com o pedido do cliente. O lead time inclui a montagem do produto (o inventário já está pronto para esta operação) e a expedição, sendo um valor intermédio entre as duas outras subcategorias. O envolvimento do cliente no desenho do produto é limitado à seleção das partes componentes dele (ARNOLD, 1998). Por exemplo, pode ser citada a indústria de computadores.

3. Produção por projetos: são processos de um único produto, altamente personalizados. Possui alta flexibilidade, no entanto pode-se observar ociosidade do equipamento. A estratégia de produção utilizada é denominada <u>Engineering-to-Order</u> (ETO). Estratégia semelhante ao MTO, porém no ETO as especificações do cliente requerem um desenho de engenharia único ou com uma alta customização, maior que no MTO (que utiliza desenhos mais padronizados). Usualmente o cliente está altamente envolvido no desenho do produto. Os materiais normalmente não são comprados enquanto o projeto e a ordem de produção não são definidos. O lead time é longo, por causa de ele incluir todas as fases do trabalho, do projeto à produção (ARNOLD, 1998). Exemplo: indústria naval.

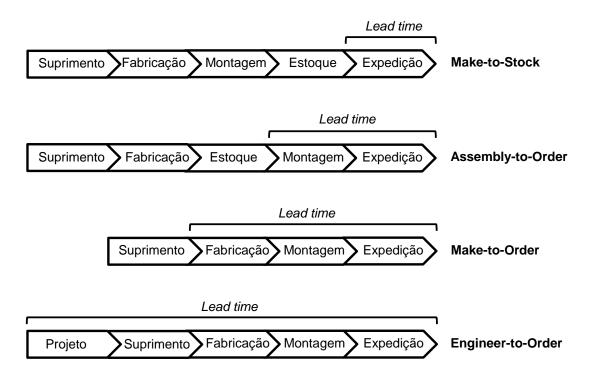


Figura 10 – *Lead times* para cada estratégia de produção Adaptado de Arnold (1998)

Os encarregados da Gestão da Produção precisam tomar decisões vitais para o bom funcionamento do sistema produtivo. Para isto, eles geralmente são suportados por Sistemas de Planejamento e Controle da Produção – SPCP, descritos a continuação.

### 3.1.2 Sistemas de Planejamento e Controle

Um **SPCP** é definido por Vollmann; Berry e Whybark (1997) como aquele sistema que fornece informação para a administração eficiente do fluxo de materiais, procura uma efetiva utilização das pessoas e os equipamentos e coordena atividades internas com as dos fornecedores, visando atender as necessidades dos clientes. Esses sistemas devem considerar as estratégias de produção visualizadas na Figura 10.

Dentro do PCP, atividades importantes são o Planejamento e a Programação. Conforme Pinedo (2005), o objetivo do Planejamento é otimizar o *mix* de produção da empresa e a alocação de recursos. Estas decisões estão baseadas nos níveis de inventário, as previsões de demanda e as necessidades de recursos. Já a

Programação tem como principal objetivo garantir o melhor uso desses recursos (organizar no tempo a realização das tarefas necessárias para fabricar os produtos, fornecendo-lhes os recursos precisos). Segundo Pinedo (2005), Planejamento e Programação (ou *Scheduling*) são processos decisórios utilizados em uma base regular em várias indústrias manufatureiras e de serviço.

Na maioria das empresas existem numerosos e variados produtos que muitas vezes requerem a execução de um grande número de operações, às quais deve somar-se a heterogeneidade de objetivos (ex. minimizar *lead times*, maximizar o uso dos recursos produtivos, máximo lucro, etc.) que persegue a companhia. Isto dificulta o planejamento e a programação, dada a quantidade de variáveis envolvidas. Para superar essas dificuldades comumente se utiliza uma estrutura de múltiplos níveis para tomada de decisões. Trata-se de uma decomposição vertical e que pode ser dividida em quatro níveis (CORRÊA; GIANESI; CAON, 2001):

- Planejamento de Longo Prazo;
- Planejamento de Médio Prazo;
- Programação de Curto Prazo;
- Programação de Curtíssimo Prazo.

O <u>Planejamento de Longo Prazo</u>, também denominado Planejamento Estratégico determina a estratégia geral da empresa nos anos por vir (segundo seus objetivos de desempenho). Procura o dimensionamento da capacidade (plantas): decisões sobre o portfolio de produtos, aquisição de máquinas, novas tecnologias, decisões sobre abertura, aquisição ou fechamento de fábricas, etc.

O segundo nível é denominado <u>Planejamento de Médio Prazo:</u> contando com uma estrutura de produção definida, o foco parte para o dimensionamento da produção e recursos (considerando os lucros e despesas, mão de obra necessária, etc.) Com isto consegue-se um plano de produção (o "quanto") sobre um dado horizonte. No entanto, o grande número de variáveis e restrições origina, na maioria dos casos, a aplicação de dois níveis de planejamento: um nível agregado, utilizando famílias de produtos, obtendo-se o Plano Agregado de Produção (horizonte de um ano, períodos de planejamento de um mês); e um nível mais detalhado de desagregação em produtos que leva ao **MPS** – *Master Production* 

Schedule ou Programa Mestre de Produção (horizonte de um a três meses, período de planejamento de uma semana).

No terceiro nível encontra-se a denominada <u>Programação de Curto Prazo</u>. Neste nível de detalhamento, os produtos são desagregados nas operações para produzi-los. Definido anteriormente o "quanto", agora se definem o "quando" e o "onde". O horizonte pode ser um mês, com períodos de planejamento de um dia a uma semana. Pode ser diferenciada a programação segundo a estratégia de produção: no MTS, considerando as previsões da demanda, devem ser determinados os lotes para reposição dos estoques de produto acabado (contemplando restrições técnicas, de capacidade e margens de contribuição). Já no MTO a programação se refere ao gerenciamento dos pedidos (programação das ordens e simulação para negociação das datas de entrega).

Para finalizar, tem-se a <u>Programação de Curtíssimo Prazo</u>: organiza a execução do programa anterior, (liberação das ordens e controle das mesmas). Os horizontes usuais são de uma ou duas semanas com período de programação de um turno ou um dia.

Estes horizontes podem ser visualizados na Figura 11.

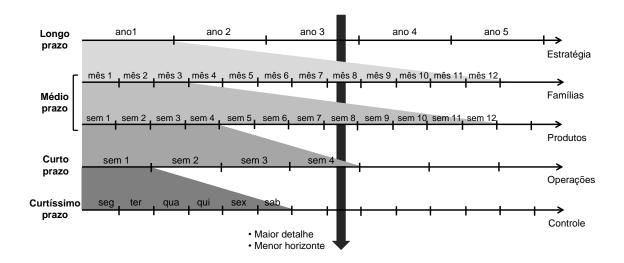


Figura 11 – Estrutura hierárquica Adaptado de Corrêa; Gianesi e Caon (2001)

Conforme Shapiro (2001), a integração intertemporal entre os diferentes níveis de planejamento pode ser alcançada mediante o uso de sistemas que ofereçam à empresa ferramentas para lidar com os seus problemas de planejamento. Estes sistemas de apoio às decisões devem estar interconectados a bases de dados integradas, originárias de sistemas transacionais. Um exemplo destes sistemas são os chamados ERP (*Enterprise Resources Planning*), repassados na seção 3.2.4.

Como visto, os sistemas de PCP estão formados por vários componentes interconectados: bases de dados e modelos de apoio às decisões (SHAPIRO, 2001). A seguir, apresentam-se conceitos referentes à Programação Detalhada da Produção, parte integrante desses sistemas e foco do trabalho.

# 3.1.3 Programação Detalhada da Produção

Sule (1997) define Programação da Produção a atividade que consiste em planejar e priorizar as operações que necessitam ser executadas em sequência. Uma programação eficiente de uso de recursos (máquinas, pessoas e materiais) é um imperativo no ambiente industrial extremamente competitivo de hoje. Programar é um ato de definição de prioridades e organização de atividades para maximizar objetivos predefinidos (ex. prazos de entrega, utilização de máquinas), sujeito a restrições do chão de fábrica, da gerência e até dos clientes.

O ato de programar operações industriais iniciou-se já nas primeiras oficinas, onde o artesão tomava individualmente as decisões sobre a sequência de fabricação, dado o ambiente relativamente simples da produção artesanal. Com o crescimento da complexidade, os primeiros sistemas de apoio às decisões começaram a ser desenvolvidos (gráficos de Gantt, MRP, PERT/CPM, etc.) Maiores detalhes sobre a evolução da Programação da Produção na indústria encontram-se em Rondeau e Litteral (2001) e Herrmann (2006).

A capacidade de gerar um bom programa é considerada estratégica. A preocupação Japonesa na filosofia JIT provocou um aumento na importância percebida acerca da programação. Antes do JIT, era considerado razoável dispor de grandes estoques de trabalho em processo (WIP) e produto acabado (estratégia

MTS) de modo de absorver erros na programação e dissociar etapas em sistemas complexos (MORTON; PENTICO, 1993). Agora é amplamente aceito que esses estoques devem ser progressivamente reduzidos por uma série de razões:

- o incremento na complexidade e a rápida obsolescência dos produtos;
- velocidade na detecção de variação da qualidade do produto e a causa exata;
- aprendizagem mais rápida para eliminar deficiências dos processos;
- desejos dos clientes por lead times mais curtos e maior variedade de produtos;
- reação mais rápida a mudanças no mix de produtos;
- reação a problemas de emergência no chão de fábrica (reprogramação).

Na literatura podem ser encontradas diferentes definições para as atividades envolvidas dentro da Programação Detalhada da Produção. Por exemplo, Davis; Aquilano e Chase (2001) incluem essas atividades em um conceito denominado Controle das Atividades de Produção. Assim, os autores detalham que suas funções características são:

- programação de pedidos, equipamento e pessoal aos centros de trabalho ou outros lugares específicos. Essencialmente, trata-se do planejamento da capacidade de curto prazo;
- estabelecer a sequência da execução dos pedidos;
- dar início à realização do trabalho programado;
- controle das tarefas, o que significa:
  - revisão do estado e controle do progresso dos pedidos enquanto se estiverem executando;
  - o agilizar os envios de último momento e os pedidos críticos;
- revisar o programa de fabricação para refletir as mudanças recentes no estado dos pedidos;
- assegurar o cumprimento dos padrões de controle de qualidade.

Já Narasimhan; Mc Leavey e Billington (1995) classificam essas atividades como:

- Planejamento: consiste na programação, a alocação de trabalho aos centros e a sequência das operações;
- Execução: envolve a liberação das ordens de produção, também chamada despacho;
- Monitoramento: inclui o reporte da produção e o controle de seu status,
   assim como as atividades de vigilância e controle de planta.

De um modo geral e abrangente, as atividades podem então ser divididas em três grupos, denominadas neste trabalho como Programação, Execução e Controle.

O primeiro grupo (**Programação**) abrange as seguintes tarefas:

- Designação;
- Sequenciamento;
- Programação (propriamente dita).

A designação implica a determinação de onde (ou por quem) cada tarefa será executada. O sequenciamento determina a sequência em que as tarefas devem ser executadas em um dado recurso. É muito comum a utilização de regras de prioridade, devido à sua praticidade e facilidade de implementação. Já a programação propriamente dita envolve a determinação de quando a tarefa deverá ser iniciada e terminada, não apenas a sequência. O seu propósito é otimizar o uso de recursos para satisfazer objetivos predefinidos, sujeito a múltiplas restrições. Segundo McKay e Wiers (1999), a saída da programação é um conjunto de *jobs* sequenciados com data e hora de processamento. Portanto, e em geral, isto consiste em agendar operações que habitualmente concorrem por recursos comuns. Vale destacar que em muitos casos a programação não é estritamente necessária (sequenciamento é suficiente).

Chase; Jacobs e Aquilano (2006) distinguem duas abordagens para a Programação:

- Programação para trás;
- Programação para frente.

A programação para trás parte de alguma data futura (usualmente a data de entrega prometida) e programa as operações requeridas em sequência inversa. Indica o instante mais tarde que o pedido deve ser iniciado para estar acabado na data especificada. Contribui na minimização do WIP. Já a Programação para frente inicia a programação na data presente com as operações iniciais de cada *job*, avançando para o futuro com as operações subsequentes até a conclusão do *job* em produtos acabados. Indica a data mais próxima para o término do pedido.

O segundo grupo é chamado de **Execução**. Envolve a liberação (despacho) das ordens, i.e., quando e para quem (ou onde) a ordem deverá ser emitida (ou liberada), as baixas de estoque e a expedição dos pedidos.

No último grupo encontram-se as atividades de **Controle**, encarregadas do acompanhamento dos trabalhos para garantir que os objetivos sejam alcançados, determinando eventuais necessidades de intervenção (por exemplo, acelerar uma ordem pelo aumento da sua prioridade) ou de reprogramação. Neste nível se podem incluir sistemas de controle do WIP, que enxergam o nível dele entre estações de trabalho (sistemas *Just in Time* - JIT), no recurso gargalo (Teoria das Restrições – *Theory of Constraint* - ToC), ou no sistema como um todo (*Constant Work in Process* – CONWIP).

Stoop e Wiers (1996) detalham três tipos de perturbações, que afetam o real desempenho de uma programação, associadas a:

- <u>Capacidade</u>: como exemplo se tem as quebras de máquinas;
- Ordens: cancelamento ou inclusão de novos pedidos, indisponibilidade de materiais, atrasos;
- Informação: podem acontecer se tiver erros na medição de tempos ou rendimentos.

A Programação da Produção persegue diferentes objetivos. Nahmias (2007) detalha algumas metas da Programação:

- respeitar as datas de entrega;
- minimizar o estoque de WIP;
- minimizar o tempo médio de fluxo através do sistema;

- maximizar o tempo de uso do pessoal / equipamentos;
- reduzir os tempos de preparação;
- minimizar os custos de produção e do pessoal.

O mesmo autor comenta que com frequência se apresentam conflitos entre as metas porque, às vezes, algumas delas podem ser contraditórias. Cita como exemplo que a redução do estoque em processo pode provocar um aumento de tempo ocioso em algum equipamento e / ou operário.

A Programação da Produção é empregada em indústrias de produção intermitente, em lotes para estoque ou contra pedido que, segundo Narasimhan; Mc Leavey e Billington (1995) são as organizações de produção mais utilizadas. Representa uma diversidade de indústrias de manufatura que fabricam desde computadores, máquinas, produtos de consumo, até indústrias de serviços.

Nahmias (2007) destaca cinco aspetos importantes a serem considerados na hora de determinar a programação.

- Padrão de chegada das ordens: embora muitos dos algoritmos de solução tratem o problema como estático, a maioria dos problemas práticos são dinâmicos:
- Número e variedade de máquinas: muitas vezes se supõe que todas as máquinas de um dado tipo são idênticas. Porém, nem sempre é esse o caso. A taxa de produção pode variar entre as máquinas por diferentes fatores; por exemplo, a perícia de quem as opera;
- Número de operadores: estes e a quantidade de máquinas determinam basicamente a capacidade instalada. Acontecimentos imprevistos como a ausência de um operário ou a quebra de uma máquina podem levar a gargalos e reduções de capacidade;
- Restrição de fluxo: uma determinada solução de programação pode resultar em fluxos inviáveis de materiais por limitações físicas;
- Avaliação de regras de despacho alternativas: a seleção de objetivos vai determinar a adequação e efetividade de uma regra de despacho ou prioridade. Como geralmente se tem mais de um objetivo, é impossível determinar uma única regra que os satisfaça a todos. Por regras de

despacho entendem-se aquelas que permitem decidir qual é o próximo *job* (ordem) a ser processado em uma máquina dentre aqueles que estão na sua fila, de acordo a uma prioridade definida na regra.

No ambiente acadêmico, os modelos de otimização para Programação da Produção são estudados também na denominada <u>Teoria de Scheduling</u>. Dentro desta, os problemas podem ser classificados em função do número de máquinas e do padrão de fluxo das ordens em: máquina única, máquinas em paralelo, em série (flow shop) e oficina de máquinas (job shop) (GRAVES, 1981).

No primeiro caso, têm-se "n" ordens (ou *jobs*) que devem ser processadas em uma única máquina, cada ordem com um tempo de processamento específico. No caso de máquinas em paralelo, há "n" ordens que devem ser processadas em uma de "m" máquinas usualmente consideradas idênticas. No *flow shop*, "n" ordens passam sequencialmente por "m" máquinas dispostas em série, cada operação com um dado tempo de processamento. Finalmente, no caso do *job shop*, as ordens de produção apresentam roteiros sequenciais diferentes, tanto em termos de sequência de máquinas quanto de tempo de operação nas mesmas.

Além destes quatro casos básicos, as últimas duas configurações podem ser estendidas incorporando máquinas em paralelo em algum ou todos os estágios, dando origem aos ambientes *flow shop* flexível e *job shop* flexível, respectivamente. Esses modelos consideram roteiros de produção sequenciais, não considerando operações de montagem. Outros ambientes vão sendo definidos, conforme se encontram métodos de resolução dos mesmos.

Definido o ambiente de programação, continua-se por definir as ordens. Cada *job* i vai estar formado por k<sub>i</sub> operações, realizadas em diferentes máquinas. Para cada *job*, definem-se:

- d<sub>i</sub> (due date): prazo de conclusão do job (prazo de entrega);
- C<sub>j</sub> (completion time): instante efetivo de término do job (término da última operação);
- r<sub>i</sub> (ready time): instante disponível para início do processamento do job.
- $F_j$  (flow time): tempo que o job permanece no sistema (lead time)  $F_i = C_i r_i$

As operações possuem alguns atributos, sendo os principais apresentados a seguir:

- p<sub>ij</sub> (process time): tempo de processamento da i-ésima operação do job j
   (incluindo tempo de setup) na máquina correspondente;
- r<sub>ij</sub> (*ready time*): instante disponível para início do processamento da operação i do *job* j. Como os roteiros são sequenciais, a disponibilidade de uma operação corresponde ao instante de término da operação precedente, exceto a primeira operação do roteiro, cuja disponibilidade é a data a partir da qual a ordem pode ser liberada ao chão de fábrica.

Conforme Baker (1997), os problemas de programação em indústrias apresentam a seguinte estrutura: eles contêm uma série de tarefas ou operações a serem realizadas e um conjunto de recursos disponíveis para executá-las. Dados as tarefas e os recursos, o problema de programação consiste em determinar o cronograma detalhado das tarefas dentro da capacidade dos recursos. Usualmente existe um processo hierárquico de decisão onde a programação segue algumas decisões tomadas com anterioridade. Na indústria, essas decisões são geralmente chamadas decisões de planejamento. Brevemente, o processo de planejamento determina os recursos disponíveis para produzir e as tarefas a serem programadas.

A fim de avaliar a qualidade de uma solução, definem-se indicadores referentes a cada ordem isoladamente e ao conjunto das ordens (carteira). Os principais estão apresentados a seguir:

- $L_j$  (*Lateness*): o desvio entre a data de conclusão e o prazo de entrega  $L_i = C_i d_i$
- E<sub>i</sub> (Earliness): a antecipação, se houver E<sub>i</sub> = max(0, L<sub>i</sub>)
- $T_i$  (*Tardiness*): o atraso, se houver  $T_i$  = max(0,  $L_i$ )
- n<sub>T</sub>: número total de ordens atrasadas (T<sub>i</sub> > 0)
- T<sub>médio</sub>: atraso médio T<sub>médio</sub> = Σ T<sub>i</sub> / n
- $T_{max}$ : atraso máximo  $T_{max}$  =  $max(T_1,...,T_n)$
- $C_{max}$  (*Makespan*): instante de término da última ordem  $C_{max} = max(C_1,...,C_n)$
- $F_{\text{médio}}$ : tempo médio de fluxo  $F_{\text{médio}} = \sum F_i / n$

A Figura 12 apresenta alguns dos objetivos citados anteriormente, e inclui outros (por exemplo objetivos de utilização da capacidade dos recursos produtivos). Eles se encontram divididos em internos (objetivos dentro da empresa) e externos (afetam ao cliente).

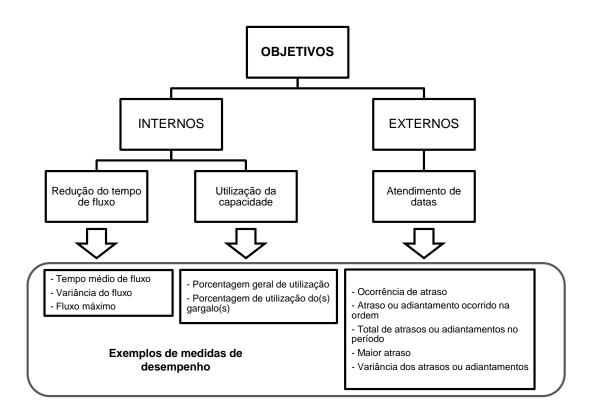


Figura 12 – Exemplo de medidas de desempenho Adaptado de Pacheco (1999)

Nesta seção foram repassados conceitos básicos de PCP e Programação Detalhada da Produção. O capítulo continua aprofundando nos conceitos dos sistemas focos da pesquisa e que serão explicados e utilizados na disciplina. Eles são os sistemas baseados na lógica MRP (seção 3.2), e os sistemas APS (seção 3.3).

### 3.2 SISTEMAS MRP

### 3.2.1 *Origem*

Os modelos clássicos de gestão de estoques baseados no lote econômico (EOQ – *Economic Order Quantity*) criados no princípio do século passado não são adequados quando se trata com produtos com demanda dependente, por exemplo, partes componentes de um produto final.

Conforme Ptak e Schragenheim (2004), com a disseminação do computador por volta da década de 50, foi possível operacionalizar modelos mais sofisticados de apoio à decisão nas empresas. Com o apoio da *American Production and Inventory Control Society* (APICS), o primeiro Processador de Listas de Materiais (*Bill of Materials Processor* – BoMP) foi codificado.

Em 1967, a empresa IBM ajudou na comercialização do primeiro *software* de gestão de inventário. Neste tempo surge o modelo MRP (*Material Requirements Planning* ou Planejamento das Necessidades de Materiais), definido como um modelo que determina a quantidade e o momento em que se necessitam os módulos, componentes e matérias primas para produzir uma quantidade de produtos finais, conforme especificado no programa mestre de produção (ORLICKY, 1975).

Devido ao grande apoio de associações como a APICS, o MRP significou em seu momento um grande avanço em termos de produtividade, se tornando o modelo padrão para o planejamento em sistemas de produção intermitente. Kumar e Meade (2002) e Mabert (2007) relatam a evolução dos sistemas MRP.

# 3.2.2 Lógica do Modelo MRP

Segundo Davis; Aquilano e Chase (2001), os dados de entrada do MRP são:

- Programa Mestre de Produção (MPS);
- Lista de materiais (BoM Bill of Material);
- Arquivo de estoques.

O Programa Mestre de Produção contém a quantidade e data de entrega dos produtos com demanda independente, sejam produtos finais, ou componentes demandados como peças de reposição. A Lista de materiais ou BoM é um cadastro que, para cada produto, descreve os componentes necessários para sua elaboração e a sequência em é montado. Um exemplo pode ser visualizado na Figura 13. Por último, o Arquivo de estoques contém para cada item, a quantidade atual e a sua localização. Pode também fornecer informação acerca da alocação de materiais que já estão reservados para ordens que vão ser lançadas (ordens abertas).

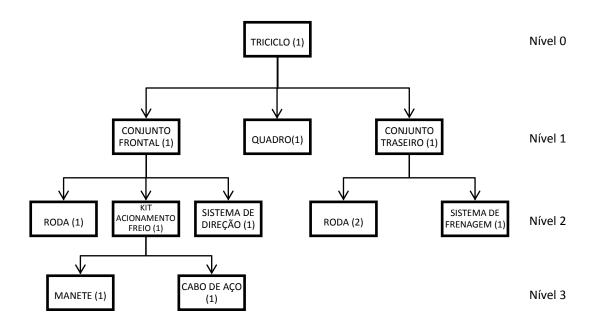


Figura 13 – Lista de Materiais de um triciclo Adaptado de Lustosa *et al.*, 2008

A seguir, apresenta-se a lógica de funcionamento do MRP, conforme Hopp e Spearman (2008). Começando pelos itens com demanda independente (produtos acabados e peças de reposição), o MRP faz o seguinte para cada componente:

- Netting (balanço de estoque);
- Lot sizing (formação de lote);
- Time phasing (programação para trás);
- BoM explosion (explosão de materiais);
- Iteração.

O <u>Netting</u>, ou balanço de estoque, consiste em determinar as necessidades líquidas em cada período, subtraindo das necessidades brutas os estoques projetados e os recebimentos programados. Seguidamente, o <u>Lot sizing</u> agrupa as necessidades líquidas em tamanhos apropriados de lotes para as ordens de produção e compras. O terceiro passo (<u>Time phasing</u>) tem como finalidade obter as datas de início dos trabalhos subtraendo às datas de vencimento os correspondentes *lead times*. Logo vem a explosão de materiais: aqui, usam-se as datas de início e a BoM para gerar as necessidades brutas de cada componente do próximo nível. Para finalizar, tem-se o passo denominado <u>Iteração</u>: respeitando a ordem da codificação de nível inferior, se repete o processo para o resto dos componentes.

O Quadro 14 exemplifica os três primeiros passos do cálculo descrito acima.

2 Semana 1 3 4 Componente Nec. Bruta 100 150 300 150 C01 Rec. Programado 100 LT = 2Estoque Projetado 250 150 100 100 100 Nec. Líquida 150 0 300 ES = 100Rec. Planejado 300 150 Emissão da O.P. 300 150

Quadro 14 - Registro básico do MRP

Para melhorar a eficiência no cálculo e evitar recursividade, um item deve ser classificado sempre no mesmo nível em cada uma das Listas de Materiais onde aparece. Os produtos acabados sempre se encontram no nível zero. Os seus componentes estão no nível um e assim por diante. Destaca-se que quanto mais abaixo se encontra um componente na estrutura, maior é o nível. Para evitar a recursividade, emprega-se o conceito denominado codificação de nível inferior (*low level code*). Isto significa que o nível de cada item é o maior possível considerando todos os produtos nos quais ele forma parte. Isto assegura que ao calcular as necessidades líquidas desse componente já estão sendo considerados todos os produtos onde ele participa.

O horizonte de planejamento no MRP é divido em períodos, denominados janelas de tempo (*time buckets*), usualmente dias ou semanas. Quanto menor a janela de tempo, maior precisão se terá, como assim também maior será o tempo de cálculo (para um mesmo horizonte de planejamento).

Conforme Davis; Aquilano e Chase (2001), como <u>resultado principal</u> do MRP tem-se uma lista de recomendações de ordens planejadas de compra e ordens de produção em cada período. Outras saídas são os avisos de alterações de ordens abertas (quantidades ou prazos), estoques projetados, mensagens de erro e indicadores.

Costuma-se afirmar que MRP é um sistema tipicamente empurrado (*push system*), dado que a liberação das ordens de compra e produção é feita com base em prazos (*time buckets*), ou seja, uma programação baseada em informação externa à fábrica (ex. ordens, previsões de demanda). Sem um sistema eficaz de controle, corre-se o risco de aumento de filas (WIP) e atrasos. A diferença com um sistema do tipo puxado (*pull system*) se deve a que em que neste último a liberação das ordens é baseada no estado do sistema. Exemplo deles são os sistemas *Just in Time* (JIT) ou o *Constant Work in Process* (CONWIP).

### 3.2.3 Evolução para o MRP II

Na década de oitenta foram surgindo novos procedimentos que, incorporados à lógica do MRP, conformaram um sistema completo de Planejamento e Controle da Produção (HOPP; SPEARMAN, 2008). O novo sistema foi denominado Planejamento dos Recursos de Manufatura (*Manufacturing Resources Planning*, ou MRP II) para explicitar o ganho de abrangência (WIGHT, 1984).

Segundo Harrison e Petty (2002), em um software comercial do tipo MRP II as principais estruturas de dados correspondentes aos módulos de manufatura são as visualizadas na Figura 14:

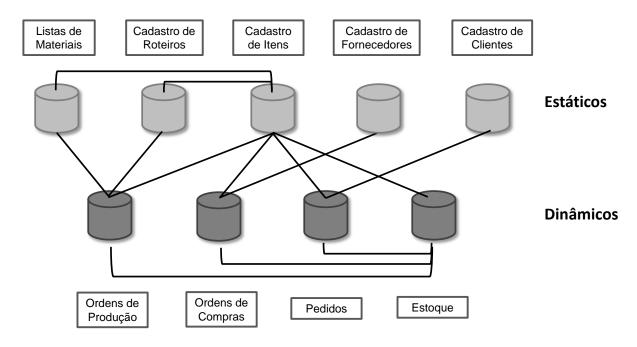


Figura 14 – Estrutura de dados do módulo de manufatura no sistema MRP II Adaptado de Harrison e Petty (2002)

Dados estáticos são aqueles que não variam drasticamente no tempo, enquanto os dinâmicos representam a operação diária da fábrica.

A seguir, apresenta-se na Figura 15 um esquema dos módulos geralmente inclusos no MRP II, além de outras informações, brindada por Corrêa; Gianesi e Caon (2001). Pode-se observar que esta estrutura se corresponde com o planejamento hierárquico explicado anteriormente (Figura 11). Assim, pode-se concluir que este sistema pode ser compreendido como um sistema de apoio às decisões de manufatura da empresa.

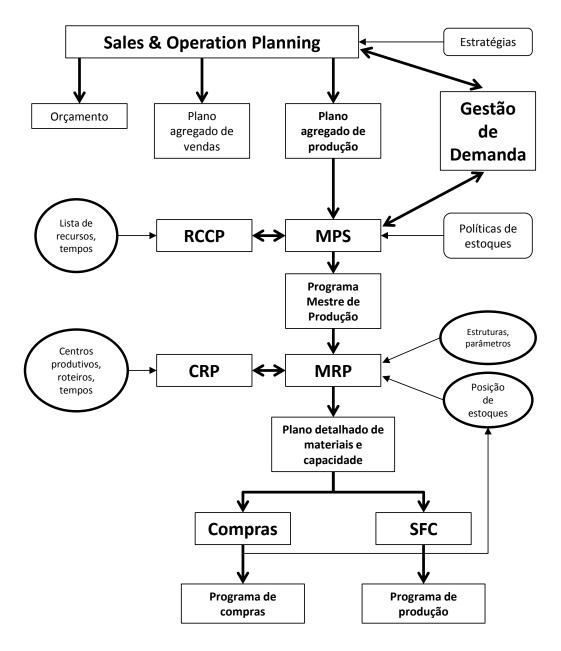


Figura 15 – Estrutura do MRP II Adaptado de Corrêa; Gianesi e Caon, 2001

Um dos avanços do MRP II na Programação da Produção foi a introdução de módulos de verificação de carga. Assim, surgiram o RCCP (*Rough-Cut Capacity Planning* ou Verificação Preliminar da Capacidade), que é utilizado para uma rápida verificação da capacidade de alguns poucos recursos críticos, para tentar assegurar a viabilidade do MPS; e o CRP (*Capacity Requirements Planning* ou Verificação Detalhada da Capacidade), que recebe a saída do MRP, e, para cada centro de trabalho, calcula o nível de carga em cada período, utilizando tempos de *setup* e operação estimados. Logo, esta carga é comparada com a capacidade disponível.

No MRP II, conforme Chase; Jacobs e Aquilano (2006) a capacidade para determinar a carga é considerada infinita. Isto ignifica que os trabalhos são destinados aos centros de trabalho sem ter em conta se a capacidade dos recursos necessários é suficiente nem a sequência real das tarefas que realiza cada um dos recursos do centro de trabalho mencionado. Outros sistemas empregam o método de carga finita, onde se programa cada recurso em detalhe, a partir do tempo de preparação da máquina e o tempo de processo requerido para cada operação. Em essência, o sistema determina com exatidão o trabalho de cada recurso durante a jornada. Teoricamente, salvo imprecisões nos parâmetros (tempos e rendimentos), todos os programas gerados são viáveis.

Segundo Oden; Langenwalter e Lucier (1993), distinto do MRP, que cria novas ordens de trabalho para evitar falta de material, o CRP não cria, reprograma nem apaga ordens. Ele fornece uma simulação que resulta em um relatório do estado de carga dos centros. Conforme Lustosa *et al.* (2008), as principais decisões derivadas do CRP são o processamento paralelo (*overlapping*), a divisão (ou quebra de lotes) e o remanejamento no tempo (antecipação ou adiantamento) das ordens de produção. Estas decisões são tomadas pelo pessoal encarregado do planejamento, não pelo CRP. A Figura 16 apresenta um gráfico de carga típico para um centro de trabalho.

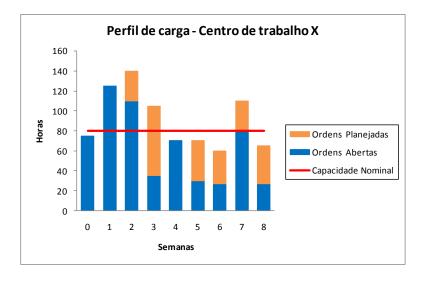


Figura 16 – Perfil de carga gerado pelo CRP Adaptado de Oden; Langenwalter e Lucier (1993)

### 3.2.4 Evolução para o ERP

Conforme Jacobs e Weston Jr. (2007), a evolução continuada dos sistemas MRP II resultou em sistemas integrados de gestão chamados de ERP (*Enterprise Resources Planning* ou Planejamento dos Recursos da Empresa). Além dos módulos inclusos no MRP II, foram integrados outros de modo a suportar a maioria das funções da empresa. Destaca-se que normalmente o MRP continua sendo o módulo que suporta ao PCP na empresa (PLENERT; KIRCHMIER, 2000).

No dicionário da APICS o sistema ERP é definido como

Uma estrutura para organizar, definir e padronizar os processos de negócios necessários para planejar e controlar efetivamente uma organização, de modo que a mesma possa usar seu conhecimento interno para procurar uma vantagem externa (Blackstone Jr. e Cox III, 2005, p. 38).

Metaxiotis; Psarras e Ergazakis (2003) definem um sistema ERP como um pacote de software que viabiliza a integração das operações, processos de negócios e funções, através de bases de dados comuns e protocolos de comunicação.Na Figura 17, pode ser visualizada a evolução desde o MRP II para o ERP, e os módulos adicionados.

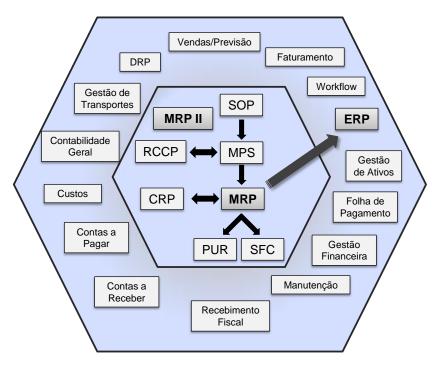


Figura 17 – Estrutura conceitual dos sistemas ERP Adaptado de Corrêa; Gianesi, Caon (2001)

Conforme Barros (2009), o mercado dos ERP sofreu uma etapa de fusões e aquisições, consolidando assim este segmento. A Tabela 1 apresenta, para cada empresa fornecedora de ERP (com o detalhe dos seus produtos), a porcentagem das quinhentas maiores empresas brasileiras que declaram utilizar algum dos seus programas.

Tabela 1 – ERP's utilizados nas maiores empresas do Brasil

Empresa fornecedora ERP	Softwares	Quant. Empresas que os empregaram [%]	
SAP	SAP	53	
Oracle	Oracle - Peoplesoft - JDE	16	
Totvs	Microsiga - Logix - RM - Datasul	13	
Outros		18	
Total		100	

Fonte: Barros (2009)

Com respeito aos ERP's, Umble; Haft e Umble (2003) e também Ho e Lin (2004) apresentam os passos para selecionar e implantar um ERP, além de descrever os fatores críticos de sucesso. Brodbeck *et al.* (2010) apresentam um processo de seleção, aquisição e implementação de ERP, considerando os diversos grupos sociais envolvidos em cada fase do processo.

Pode-se concluir que todos esses sistemas têm em comum que o "coração" deles continua sendo o MRP. Contudo, a abrangência deles continuou sempre crescendo, e não permanecendo só na manufatura, senão alcançando todas as áreas de uma empresa. Além disso, o seu uso também se estendeu fora do setor industrial. A Figura 18 ilustra a evolução destes sistemas, desde o início com os modelos de reposição de estoques, passando pelas evoluções sofridas pelo MRP, até chegar ao ERP.

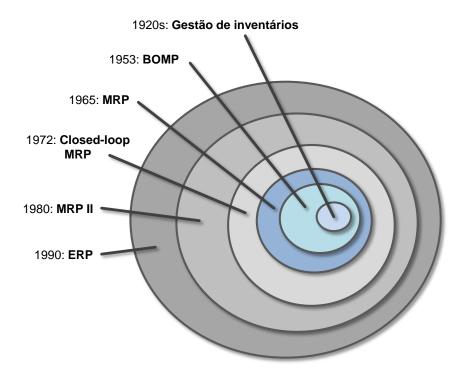


Figura 18 – Evolução dos sistemas de PCP Adaptado de Ptak e Schragenheim (2004)

### 3.3 SISTEMAS APS

Como explicado anteriormente, os sistemas que incorporam a programação com capacidade finita (i.e., os recursos produtivos, como na realidade, são limitados) foram chamados no começo de sistemas FCS. Atualmente são chamados de sistemas APS (de *Advanced Planning and Scheduling*). Esta sigla também pode ser encontrada para o termo *Advanced Planning System*. Neste trabalho será utilizada para o segundo termo. A razão é que alguns dos sistemas APS atuais incorporaram novas ferramentas aplicadas a outros módulos (como por exemplo, o planejamento de médio prazo).

No dicionário da APICS o APS é definido como:

Técnicas que lidam com a análise e o planejamento da logística e a manufatura no curto, médio e longo prazo. APS descreve qualquer software informático que utilize algoritmos ou lógicas matemáticas avançadas na otimização ou simulação em tarefas como programação com capacidade

finita, contratações, planejamento de capital, previsões, planejamento de recursos, gestão da demanda e outros [...] Os cinco principais componentes dos sistemas APS são planejamento da demanda, planejamento da produção, programação da produção, planejamento da distribuição e planejamento do transporte (Blackstone Jr. e Cox III, 2005, p. 3).

Destaca-se que neste trabalho o foco é colocado na funcionalidade específica da Programação Detalhada da Produção com capacidade finita dos recursos. Entretanto, como a pesquisa trata sobre o ensino destas ferramentas, resulta interessante compreender o conceito integral dos sistemas APS.

### 3.3.1 *Origem*

O uso de métodos formais para Programação da Produção começou no início do século passado (década de 20), com os conceitos sobre separação do planejamento da execução das tarefas, proposta por Frederick Taylor, e a criação dos gráficos de Gantt (HERRMANN, 2005). Conforme o mesmo autor, a programação mediante uso de algoritmos computacionais começou no campo da programação de projetos na década de 50, com as técnicas do PERT/CPM. A programação detalhada da produção com capacidade finita baseada em computador começou sua história com os primeiros projetos de pesquisa no início dos anos 80. Adelsberger e Kanet<sup>3</sup> (1991 apud Herrmann, 2005) utilizaram o termo alemão "leitstand" para descrever um software de programação. Outra denominação muito utilizada e que ainda pode ser encontrada é a de FCS. Nessa época já existiam vários softwares comerciais, especialmente na Alemanha.

Plenert e Kirchmier (2000) argumentam que devido à inércia de anos de utilização dos sistemas MRP/ERP, como também à resistência pelos fornecedores destes *softwares* para incluir as características da programação com capacidade finita, o desenvolvimento de sistemas desta natureza se deu por vendedores independentes. Segundo Ovacik (2011), no começo da década de 90, algumas pequenas empresas começaram a competir com as grandes fornecedoras de MRP, aproveitando as limitações destes sistemas (ex. uso de capacidade infinita).

<sup>3</sup> Adelsberger, H.; Kanet, J. The Leitstand - A New Tool for Computer Integrated Manufacturing. **Production and Inventory Management Journal**, v. 32, n. 1, p. 43-48, 1991.

\_

No entanto, atualmente poucas dessas empresas continuam na sua concepção original. O setor passou por uma etapa de aquisições por parte de grandes empresas: por exemplo, i2 Technologies e Manugistics foram compradas pela JDA Software Group; Red Pepper Software foi adquirida pela Peoplesoft, logo comprada pela Oracle. Outras companhias se mantêm independentes, são os casos da Logility com o seu produto Voyager, a Quintiq, a Linter (Drummer) e Preactor International (Preactor). Grandes empresas também desenvolveram produtos próprios, como o *Advanced Planned and Optimizer* (APO), da SAP.

Alguns dos principais fatores que impulsionaram o desenvolvimento dos sistemas APS, segundo Pedroso e Corrêa (1996) foram:

- a busca de competitividade pelas empresas, aliada ao melhor entendimento das implicações da programação detalhada da produção na estratégia de manufatura das mesmas;
- limitações dos sistemas MRP II para gerar programas viáveis;
- o desenvolvimento das técnicas de simulação e de algoritmos otimizantes e heurísticos;
- a crescente evolução dos equipamentos (*hardware*), que possibilitaram o processamento de grandes volumes de informação, gerando soluções viáveis para o problema da programação em tempos aceitáveis na prática.

#### 3.3.2 Módulos dos sistemas APS

Conforme Meyr; Wagner e Rhode (2005), embora desenvolvidos por diferentes companhias, os sistemas APS apresentam uma arquitetura semelhante (Figura 19). Ela está composta por módulos, cada um cobrindo alguma(s) tarefa(s) de planejamento e/ou programação e oferecendo suporte a diversas operações (compras, produção, distribuição e vendas).

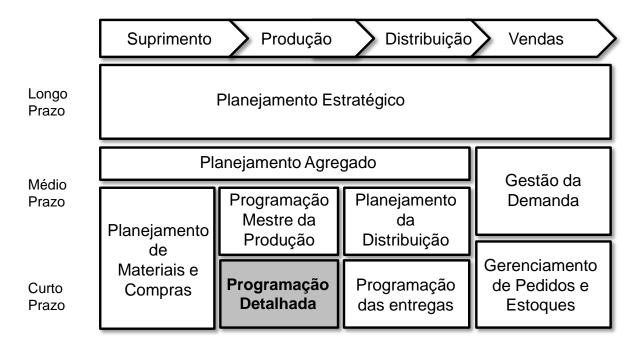


Figura 19 – Módulos de um sistema geral APS Adaptado de Meyr; Wagner e Rhode (2005)

Observa-se que na abscissa encontram-se as etapas do fluxo de materiais e produtos pela empresa (suprimento, produção, distribuição e vendas). Na ordenada, encontram-se os horizontes de planejamento onde cada módulo atua. Novamente, se observa uma estrutura hierárquica, onde as decisões de cada nível estão sujeitas às do nível superior (similar aos sistemas MRP II). Destacado em cinza encontra-se o módulo foco deste trabalho, que é a programação detalhada da produção. Como pode ser observado, esse é um módulo posicionado no horizonte de curto prazo e referenciado à etapa de produção.

Obviamente não todos os softwares disponíveis no mercado incluem a totalidade dos módulos apresentados, porém a matriz pode servir de guia para avaliar quais tarefas de planejamento estão contempladas em um software específico. Stadtler e Kilger (2005) analisam alguns softwares e indicam os módulos oferecidos em cada um. O Quadro 15 oferece uma breve descrição de cada componente, baseada em Stadtler (2005) e Meyr; Wagner e Rhode (2005).

Quadro 15 - Módulos que conformam a estrutura de um software APS

Módulo	Características
Gestão da Demanda	A diferença com um software clássico de previsão encontra-se na possiblidade de inclusão de eventos excepcionais que provavelmente afetem a demanda.
Planejamento Estratégico	Horizonte de alguns anos. Decisões sobre localização de unidades, áreas geográficas a servir, capacidades e questões de transportes (em um nível alto de agregação).
Planejamento Agregado	Procura o balanceamento das previsões com a capacidade em um período de médio prazo (cobrindo, por exemplo, um ciclo sazonal). Pode existir uma margem de flexibilidade referente à capacidade (ex. horas extras).
Programação Mestre Programação Detalhada	Se existem dois softwares separados, o primeiro é responsável pela formação de lotes, enquanto que o segundo se encarrega da programação das máquinas e do controle do chão de fábrica. Devido ao alto nível de detalhe, todos os recursos gargalos são considerados.
Planejamento de Materiais e Compras	As tarefas de explosão da BoM e compra de materiais geralmente são deixadas ao sistema ERP associado. Também pode se encarregar da programação de recursos não gargalos. Inclui também o controle de estoques. Conceitos como escolha entre diferentes fornecedores ou descontos por quantidades sim são suportados pelo software APS.
Planejamento da Distribuição Programação das entregas	Encontram-se aqui os chamados problemas de transporte (vehicle routing) pesquisados no ambiente acadêmico. Também, entre estes problemas de curto prazo e o planejamento mestre pode existir um módulo dedicado à distribuição dos produtos aos clientes ou aos armazenes, incluindo o dimensionamento da frota.
Gerenciamento de Pedidos Disponível para entrega (ATP – Available to Promise)	O cálculo da data de entrega prometida (viável desde o ponto de vista do estoque disponível ou da produção necessária sem ultrapassar a capacidade) e outras atividades que involucram a gestão dos pedidos estão consideradas neste módulo.

Fonte: Stadtler (2005) e Meyr; Wagner e Rhode (2005)

O Quadro 16 apresenta, conforme Langenwalter (2000), as técnicas ou métodos de otimização utilizadas conforme o nível na hierarquia do planejamento.

Quadro 16 – Tecnologias aplicadas a cada nível de decisão

Nível	Necessidades Especiais	Técnica
Estratégico	Análises de custos Resultados ótimos Análises de sensibilidade	Programação Inteira Mista
Custos fixos ou variáveis  Tático Resultados ótimos  Análises de sensibilidade		Programação Inteira Mista Programação Linear
Operacional	Velocidade computacional Resultados pertos do ótimo Modelos que detalhem a realidade	Métodos heurísticos – Regras de liberação Meta-heurísticas

Fonte: Langenwalter (2000)

A seguir é expandido o conceito da programação detalhada, um dos focos do trabalho.

## 3.3.3 Programação Detalhada da Produção mediante APS

Segundo Vollmann; Berry e Whybark (1997), os sistemas de programação finita calculam dentro do horizonte de planejamento o início e o término das tarefas para gerar um programa detalhado para cada ordem de fabricação e cada centro de trabalho, respeitando a disponibilidade do recurso. De acordo com Dumond (2005), tendo uma programação detalhada, o gerente de produção pode também determinar o efeito de mudanças de última hora, gerenciar eventos não planejados ou chegadas de novos pedidos e executar análises de alternativas de programação. Ainda mais, estes sistemas produzem em teoria programas viáveis, pois consideram *a priori* as restrições de capacidade. Certamente, os programas não serão cumpridos exatamente (devido a incertezas), mas servem para orientar a execução. O grau de aderência do executado ao programa demonstra excelência da manufatura.

Outro aspecto importante, conforme Hopp e Spearman (2008), diz respeito ao controle dos estoques em processo (WIP). Qualquer gerente de manufatura deseja

entregas no prazo, mínimo nível de WIP, curtos *lead times* e máxima utilização dos recursos. Infelizmente esses objetivos são conflitantes. Sistemas puxados de produção, como o Kanban, controlam o fluxo do material de estação a estação conforme o nível do WIP. Já nos sistemas empurrados o controle é colocado na saída (*troughput*), e não no nível do WIP. Por esta razão, uma melhor programação (ex. utilizando APS) pode resultar em um melhor controle do chão do fábrica, mantendo um nível de WIP aceitável, o que permitiria melhorar o cumprimento das datas previstas e minimizar a necessidade de reprogramações.

Os dados necessários para rodar este sistema de acordo com Plenert e Kirchmier (2000), são:

- Cadastro dos centros de produção;
- Roteiros;
- Arquivo de ordens.

O cadastro dos centros de produção contém para cada centro, seu código de identificação, sua descrição e informação acerca da capacidade disponível (turnos, quantidade de máquinas, rendimentos, etc.). Os roteiros definem as operações e tempos (setup e operação) necessários para a produção de cada produto. Também indica a sequência em que elas devem ser executadas. Os roteiros podem incluir informação sobre restrições, por exemplo, que determinada operação só pode acontecer em um centro de produção específico, embora esses dados possam residir em outros arquivos. O arquivo de ordens contem dados dinâmicos, já que as ordens são abertas e fechadas conforme a programação. Destaca-se que as ordens podem ser geradas no MRP. Os dados que inclui são a identificação da ordem, o(s) produto(s) que a compõem, data de liberação, data de entrega, quantidade, prioridade, e identificação do cliente. Vale destacar que um pedido pode gerar mais de uma ordem de produção.

Além dessas informações, deve-se considerar um calendário com os tempos disponíveis para produção, denominado por Narasimhan; Mc Leavey e Billington (1995) como o calendário de planejamento da fábrica (*The Shop Planning Calendar*). Na verdade, os centros podem ter calendários diferentes por conta do número de turnos e/ou horas extras.

Com as ordens definidas, inicia-se a programação. Os sistemas de programação detalhada da produção classificam-se conforme a lógica utilizada para a geração dos programas em:

- Sistemas baseados em algoritmos otimizantes: geralmente tratam-se de algoritmos da pesquisa operacional;
- Sistemas baseados em algoritmos heurísticos: garantem soluções viáveis e "boas", porém não necessariamente ótimas. Incluem os baseados em Regras de Prioridades;
- Sistemas especialistas puros: baseados em inteligência artificial. Constróise um "motor de inferência", através da coleta do conhecimento de especialistas em determinado(s) assunto(s).

Uma classificação sobre os dois primeiros tipos de sistemas (os mais conhecidos) encontra-se em Pacheco (1999).

Ao final do processo, todas as operações terão data de início e fim, respeitando precedências no roteiro de produção e a disponibilidade dos recursos. Conforme Plenert e Kirchmier (2000), o documento de saída define com precisão a sequência de todas as operações em cada centro de trabalho numa base de minuto a minuto e organiza todos os centros de trabalho no intuito de elevar a produtividade da planta (Tabela 2).

Tabela 2 – Ordens programadas

Recurso	Ordem	Produto	Data início	Hora início	Data fim	Hora fim
W344_SEY1_100	7157	13002300	12/03/2011	01:37	12/03/2011	09:17
W344_SEY1_100	7180	13002100	12/03/2011	09:17	13/03/2011	10:08
W344_SEY1_100	7160	13002000	13/03/2011	10:08	17/03/2011	04:29

Fonte: Herrmann (2006)

Geralmente, a programação pode ser visualizada em tabelas e gráficos no formato idealizado por Henry Gantt no princípio do século passado. No dicionário da APICS o gráfico de Gantt é definido como

[...] o primeiro e mais conhecido tipo de diagrama de planejamento e controle, especialmente desenhado para visualizar graficamente a relação entre o desempenho planejado e o real através do tempo (Blackstone Jr. e Cox III, 2005, p. 48).

Um exemplo pode se visualizar na Figura 20. Nela nota-se que o gráfico pode conter o estado para cada operação (programado – executado) para efeito do controle da produção. Neste exemplo, a ordem passou pelo recurso M1 completando a operação a tempo, no recurso M2 ela atrasou, e no recurso M3 a ordem começou atrasada, mas finalizou antes do programado. Um gráfico mais simples é visualizado na Figura 21.

Re	curso	2ª feira	3ª feira	4ª feira	5ª feira	6ª feira	Referências:
	M1						Começo da atividade programada
ı	M2						── Fim da atividade programada     ── Tempo de execução programado     ── Tempo de execução real
I	M3						Tempo reservado para manutenção

Figura 20 – Gráfico de Gantt – programado vs. executado Adaptado de Davis; Aquilano e Chase (2001)

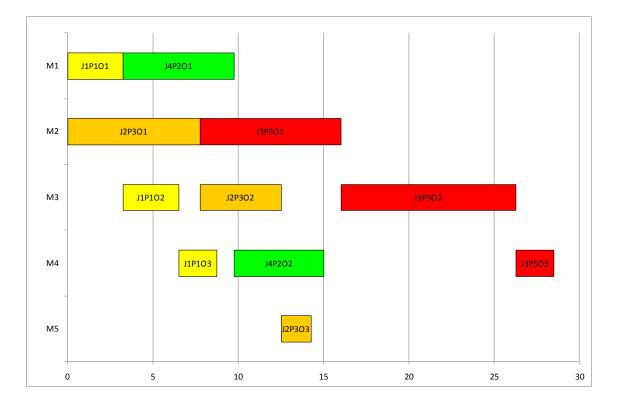


Figura 21 - Gráfico de Gantt

Este tipo de representação pode ser elaborada tanto manualmente como em computador. Têm como vantagem o fato de ser simples de compreender e mostrar rapidamente as cargas de trabalho nos centros. Conforme Narasimhan; Mc Leavey e Billington (1995), os diagramas também têm limitações: embora possam mostrar as dependências entre operações mediante líneas ou setas, representar muitas destas relações pode resultar em um diagrama confuso ou ilegível; se as máquinas figuram agrupadas (centros de trabalho), os tempos de fila das ordens e os tempos ociosos das máquinas não são aparentes. Finalizando, eles precisam ser atualizados por conta de incertezas na programação. No entanto, se eles são criados por computador, é mais fácil efetuar estas atualizações. Para maiores informações sobre os gráficos de Gantt, pode-se consultar Herrmann (2006).

# 3.3.4 Programação Detalhada mediante MRP vs. APS/PF

Até agora foram apresentados os dois modelos que serão utilizados na pesquisa. A seguir são expostas as diferenças entre ambos na questão da programação da produção. O eixo fundamental coloca-se na consideração da carga limitada ou ilimitada pela capacidade.

No que se refere à programação detalhada da produção, merece destaque o fato de que o MRP gera efetivamente um conjunto de sugestões de ordens de produção (fabricação e montagem). No entanto, Hopp e Spearman (2008) destacam algumas críticas recorrentes:

- Programação Infinita;
- Lead times superestimados;
- Nervosismo do sistema.

A primeira crítica é devida a que o MRP considera que os *lead times* das ordens são constantes (atributo dos itens) e não dependem do status do chão de fábrica, o que equivale a dizer que assume *capacidade infinita* dos recursos. Ao assumir *lead times* fixos, é comum que os mesmos sejam sobrestimados de maneira que o pedido tenha maiores possibilidades de ser completado a tempo. Isto provoca lançamentos antecipados, filas e tempos de fluxo maiores. Por último, por

nervosismo do sistema entende-se o efeito que ocorre quando pequenas variações no MPS produzem grandes mudanças no MRP, devido às políticas de lote.

Outra diferença encontra-se no tempo de fila de cada operação. No MRP, ele está incluso no *lead time* estimado, enquanto nos sistemas com capacidade finita este tempo é calculado (é uma saída do sistema). Além disso, o MRP utiliza como período de planejamento os denominados *time buckets*, usualmente dias ou semanas. Já no outro sistema, o tempo pode ser medido em minutos ou segundos, proporcionando que as operações sejam programadas com maior nível de detalhe. Isto significa que o MRP considera o tempo como discreto, enquanto os APS/PF o consideram contínuo.

Outra crítica ao MRP consiste na cultura de formação de lotes, que pode não ser o mais eficiente para a produção, gerando excesso de WIP e formação de filas.

Continuando, outra diferença encontra-se na consideração da capacidade dos recursos. Como dito, o MRP considera esta capacidade como *infinita* (o suposto é que todo o que é planejado pode ser executado no prazo). Por esta razão, introduziu-se o CRP. No entanto, ele faz uma verificação *aproximada* da capacidade (pelos *lead times* constantes), e não realiza uma correção automática no caso de sobre carga (HOPP; SPEARMAN, 2008). Os APS/PF, por considerar a capacidade dos centros de trabalho de maneira *finita*, não sofrem deste inconveniente. No entanto, deve ser destacado que a complexidade no cálculo computacional é menor no MRP.

Acerca da geração do programa, Corrêa e Corrêa (2009) comentam que o MRP é tipicamente um sistema de programação para trás com capacidade infinita, enquanto os APS/PF geralmente são sistemas de programação finita para frente. Alguns sistemas APS/PF utilizam ambas as técnicas (programação bidirecional). Primeiro eles fazem a programação para trás, tentando diminuir o nível de WIP, e se algum começo de operação é anterior ao momento de inicio da programação, emprega-se a programação para frente para calcular quando a mesma pode começar, gerando assim um programa viável.

Sintetizando, o MRP gera ordens de fabricação e montagem com datas de início e prazo, usando *lead times* médios e programação para trás. O conjunto de

ordens de um centro em um dado período (*time bucket*) não é sequenciado. Os módulos de verificação de carga (RCCP / CRP) são paliativos, pois não enxergam a sincronização das operações. Sincronização que sim é observada nos sistemas APS/PF.

Em conclusão, no sentido da programação detalhada da produção, o MRP II (ou o ERP) não fornece uma resposta clara. Conforme Corrêa; Gianesi e Caon (2001), como o MRP II não consegue lidar com esses detalhes da Programação Detalhada da fábrica, é necessário que os *lead times* planejados reflitam o que realmente acontece no chão de fábrica. Isto muitas vezes não é possível de conseguir.

Pode-se acrescentar o fato de que sistemas ERP's são essencialmente transacionais, e o que realmente o pessoal encarregado da programação nas empresas requer são ferramentas analíticas, que ajudem eles a entender o problema e aportem soluções viáveis em um prazo curto de tempo. Os APS/PF cobrem esse requisito, por serem sistemas de apoio às decisões.

O Quadro 17 resume as diferenças entre as abordagens.

Quadro 17 – Diferenças entre as abordagens MRP e APS/PF na programação detalhada

Tópico	MRP	APS/PF	
Viabilidade	Programação viável no plano de materiais	Programação viável quanto à capacidade	
Problema	Balancear a carga dos centros	Administração de materiais	
Dificuldade	Correção/revisão da programação	"Otimizar" a programação	
Tempo de fila de cada operação	Dentro do Lead Time estimado	Calculado pelo sistema	
Consideração da Capacidade	Carga ilimitada	Carga limitada pela capacidade	
Consideração do Tempo	Discreto: uso de <i>Time Buckets</i> (dias - semanas)	Contínuo: minutos – segundos	
Geração do programa	Programação para trás com capacidade infinita	Programação com capacidade finita (alguns usam bidirecional)	
Sequência das operações em um centro	Dentro de cada <i>Time Bucket</i> não disponível	Sim	
Sistema	Transacional	Apoio às decisões	
Capacidade de simulação	Baixa	Alta	
Capacidade de otimização	Baixa	Alta	
Complexidade computacional	Baixa	Alta	

No entanto, de acordo com Harrison e Petty (2002), as alertas associadas com a abordagem da programação com capacidade finita na prática são as seguintes:

- dão origem a sistemas mais complexos, tanto conceitualmente quanto na sua operação. Requerem uma elevada quantidade de dados (acurados) e o esforço por parte da gerência para implementá-los pode ser considerável;
- custo de instalação pode ser elevado;
- por causa das incertezas que ocorrem no chão de fábrica, uma boa gestão por parte do pessoal da área de PCP apoiada nestes aplicativos é requerida;
- muitos processos na indústria de manufatura são bastante imprevisíveis.
   Isto pode afetar a eficácia do procedimento de programação, requerendo muitas reprogramações;
- tanto os tempos de setup e produção, quanto os rendimentos dos recursos,
   mudam com o tempo, o que pode deteriorar a base de dados do sistema.

Merece destaque que alguns destes alertas, especialmente os três primeiros, também são válidos para sistemas MRP.

Mais informação sobre as diferenças entre as abordagens MRP e APS podem ser encontradas em Girotti e Mesquita (2011).

## 3.3.5 Integração dos Sistemas MRP e APS

Pode-se pensar que os sistemas até agora apresentados trabalham de forma separada. No entanto, merece destaque o fato de que ambos os sistemas podem trabalhar juntos. Segundo Tubino (2007), embora os sistemas de programação finita tenham evoluído de tal forma que podem ser utilizados de maneira independente, visto que muitos deles possuem a opção de cadastrar a entrada de pedidos dos clientes, a maioria das vezes eles complementam o MRP. Neste caso, o MRP se encarrega de gerar as ordens de produção e compras, com as respectivas quantidades e prazos. Com essa lista, o APS gera a sequência de produção a utilizar (TUBINO, 2007). Esta integração requer por parte dos fornecedores de APS

que adaptem seus programas e banco de dados para o uso compartilhado com diferentes ERP's.

Conforme Herrmann (2006), a ênfase não deve ser colocada apenas na programação, senão também no controle da produção. Na terminologia da APICS, o controle é uma função no MRP II pertencente ao módulo SFC (*Shop Floor Control* ou Controle das Atividades de Produção).

Conforme Rondeau e Litteral (2001), os módulos CRP e SFC dos sistemas MRP II davam poucas informações de como gerenciar melhor a execução das atividades no chão de fábrica. Na metade dos anos de 90, coincidindo com o desenvolvimento dos APS, surgem os sistemas conhecidos como MES (*Manufacturing Execution System*).

De acordo com McClellan (2001), o MES proporciona execução e controle da produção, vinculando o sistema de programação e o de controle, utilizando informação on-line para gerenciar em tempo real a utilização dos recursos de manufatura. Corrêa; Gianesi e Caon (2001) explicam que o MES proporciona coleta automática e acúmulo de informações do realizado no chão de fábrica e envia para o sistema de Planejamento e Programação. Essencialmente, o MES faz a ligação entre o sistema de PCP e a fábrica em si.

Na revisão bibliográfica, constatou-se que embora alguns autores considerem a função programação como parte integrante do MES, usualmente atribui-se esta função aos sistemas próprios de programação, seja o MRP ou o APS. Ainda, segundo Stadtler (2005), algumas funcionalidades do MES se superpõem à função de programação detalhada dos APS.

Exemplos de integração dos sistemas MRP / MES / APS podem ser consultados em Malmstrom (1997), Rondeau e Litteral (2001), Corrêa; Gianesi e Caon (2001) e Liu *et al.* (2002). Só para tomar um exemplo, McKay e Wiers (2003) apresentam um típico sistema integrado composto por dois módulos de Planejamento (vindos do MRP II), um módulo de Programação (APS), e a Expedição, realizado pelo MES (Figura 22).



Figura 22 – Sistema integrado ERP – APS – MES Adaptado de McKay e Wiers (2003)

Concluído o referencial teórico para o trabalho desenvolvido, o mesmo continua, no capítulo seguinte, apresentando a metodologia e a caracterização da pesquisa.

## **4 METODOLOGIA**

# 4.1 DEFINIÇÕES

De acordo com Parra Filho e Santos (2003), o termo <u>pesquisa</u> é empregado para indicar todo trabalho destinado à busca de soluções para os inúmeros problemas que as pessoas enfrentam no seu dia-a-dia. Procurando uma definição mais voltada à pesquisa científica, Cervo e Bervian (1983) definem pesquisa como uma atividade focada na solução de problemas, através do emprego de métodos científicos. Parte de um problema e, com o uso do método científico, busca uma resposta ou solução.

Ainda segundo Cervo e Bervian (1983), o <u>método científico</u> é caracterizado como "um conjunto ordenado de procedimentos que se mostraram eficientes na busca do saber". É o instrumento de trabalho do pesquisador. O método se materializa nas etapas e procedimentos que devem ser executados para solucionar um problema. Existe um método comum para todas as ciências, que compreende certo número de procedimentos científicos utilizados em qualquer tipo de pesquisa (o método científico). Resumidamente, os passos são definidos como: observação de um fenômeno — formulação de hipóteses — experimentação — análise e elaboração de conclusões — documentação — novas perguntas, que farão com que o processo comece novamente. Hair *et al.* (2005) postulam que a ciência é o que se conhece sobre um assunto definido. Ela tenta descrever a realidade de um modo verdadeiro. O método científico é aquele que os pesquisadores empregam para adquirir novos conhecimentos.

Para finalizar, conforme Parra Filho e Santos (2003, p.51): "ao contrário do conhecimento vulgar, que se preocupa apenas com o fato e não com as causas, o conhecimento científico procura descobrir e demonstrar as causas ou razões dos fatos." Ainda, argumentam que "todo trabalho científico tem como objetivo maior, via experimentação, confirmar a *hipótese* de pesquisa" (PARRA FILHO; SANTOS, 2003, p.94).

# 4.2 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

De acordo com Cervo e Bervian (1983), cada abordagem de pesquisa admite níveis diferentes de aprofundamento e enfoques conforme o problema estudado, os objetivos definidos e a qualificação do pesquisador. Segundo Araujo (2009), existem diversas classificações de pesquisa definidas pelos especialistas da área de metodologia, não existindo um consenso geral. Dividem-se as pesquisas em *pura* (ou básica), onde "o pesquisador tem como meta o saber, buscando satisfazer uma necessidade intelectual pelo conhecimento"; ou *aplicada*, onde "o investigador é movido pela necessidade de contribuir para fins práticos, mais ou menos imediatos, buscando soluções para problemas concretos" (CERVO; BERVIAN, 1983, p.54). Este trabalho se inscreve dentro do segundo tipo (pesquisa aplicada), já que procura soluções práticas para a melhoria na aprendizagem de tópicos referentes à Programação da Produção em uma disciplina como PCP.

Outra categorização dada por Hair *et al.* (2005), detalha o tipo de experimento. Neste caso, a pesquisa se insere no tipo de experimento <u>de campo</u> (em vez de experimento de laboratório), já que o ambiente onde se executa é o ambiente natural do fenômeno em estudo: a escola.

No referente aos métodos de pesquisa, Gil (2008) apresenta a seguinte lista, chamando-os de procedimentos técnicos:

- Pesquisa bibliográfica;
- Pesquisa documental;
- Pesquisa experimental;
- Pesquisa ex-post facto;
- Estudo de coorte:
- Levantamento;
- Estudo de campo;
- Estudo de caso;
- Pesquisa-ação;
- Pesquisa participante.

Neste trabalho, foram empregados os métodos de pesquisa bibliográfica e principalmente estudo de caso. A seguir serão definidos os mesmos e descrito como eles foram aplicados.

Segundo Gil (2008), a pesquisa bibliográfica se desenvolve com material já elaborado (os dados que apresenta foram analisados previamente). Fontes tradicionais são livros e artigos científicos. Geralmente, em todos os estudos é exigida alguma pesquisa bibliográfica. Neste trabalho, a pesquisa foi empregada para aprofundar nos conceitos sobre o processo de ensino-aprendizagem e sobre as lógicas MRP e APS/PF para programação detalhada da produção.

O método principal empregado neste trabalho é o estudo de caso. Várias definições podem ser encontradas na literatura, entre elas:

- "Estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o seu amplio e detalhado conhecimento" (SILVA; MENEZES, 2005, p. 21);
- "O estudo de caso é uma espécie de histórico de um fenômeno, extraído de múltiplas fontes de evidências onde qualquer fato relevante à corrente de eventos que descrevem o fenômeno é um dado potencial para análise" (MIGUEL, 2007);
- "É uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo em profundidade e em seu contexto de vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente evidentes" (YIN, 2010, p. 39).

Os objetivos de um estudo de caso, segundo Eisenhardt (1989) são fornecer uma descrição mais detalhada de um fenômeno, testar teorias, ou gerá-las. O objetivo aqui é testar a hipótese de que o uso do caso didático melhora a eficiência do aprendizado. Além disso, este trabalho tem um objetivo descritivo. Segundo Gil (2008), a pesquisa descritiva tem como objetivo principal a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis. Também, alguns objetivos podem ser levantar opiniões, atitudes e crenças de uma população. Yin (2010) acrescenta que uma das aplicações dos estudos de caso é descrever uma intervenção (neste caso a criação e aplicação de um caso didático) e o contexto da vida real onde ocorreu

(neste trabalho, a disciplina PCP em uma instituição de ensino em nível de graduação). As hipóteses, normalmente guiam o processo e fornecem uma lista do que precisa ser mensurado. Diferente dos estudos exploratórios, os estudos descritivos com frequência são usados para testar as hipóteses. Neste trabalho pretende-se descrever como foi desenhado o caso didático, e também relatar a sua primeira aplicação em sala de aula.

Gil (2008) fornece uma série de passos quando se estrutura um estudo de caso. O primeiro é a <u>formulação do problema</u>. No capítulo um, encontra-se detalhada esta etapa.

A continuação deve-se <u>definir a unidade-caso</u>, entendida aqui como o grupo social imerso em um contexto definido. Pode-se definir então como unidade-caso deste trabalho os alunos da disciplina PCP no contexto da escola (ou mais especificamente ao curso de Engenharia de Produção).

Posteriormente deve ser definido o <u>número de casos</u> que vão participar do estudo. Aqui, por conta do fato da disciplina ser oferecida uma vez por ano no primeiro semestre, e do tempo limite para apresentação deste trabalho, só foi aplicado o caso didático uma vez, no ano de 2012. Portanto, o estudo de caso conta com somente um caso. Isto constitui uma limitação da presente pesquisa, que pode ser atenuada mediante a reaplicação do caso didático em turmas posteriores.

A seguinte fase é a <u>elaboração do protocolo</u>, que descreve o processo e os instrumentos de coleta de dados. Essas questões foram discutidas e definidas pelo autor e o orientador em reuniões semanais, antes e durante a aplicação do caso. Nas reuniões foram definidos o cronograma de aplicação das etapas do caso, os critérios para correção, as datas de aplicação dos questionários e avaliações continuadas, sendo todas estas informações importantes para a análise dos dados.

Dentro dos instrumentos de coleta, foi desenhado um questionário destinado ao corpo discente. Dentre os objetivos encontram-se a avaliação do seu próprio desempenho e as estratégias de ensino aplicadas, especialmente o caso didático (foco deste trabalho). A amostra, portanto, será conformada pelos respondentes que pertencerão às duas turmas da disciplina nesse ano. A limitação encontra-se em que

a mesma pode não ser representativa da população (todos os alunos da instituição) por serem todos eles alunos da mesma turma.

No exame de qualificação (etapa prévia à defesa da presente dissertação), foi sugerida uma pesquisa com professores de PCP para entender melhor o contexto onde o trabalho se insere. Para isto, foi ideado um questionário tendo por público alvo os professores de PCP dos cursos de graduação em Engenharia de Produção. O objetivo desta pesquisa foi levantar as práticas de ensino em PCP nos cursos de Engenharia de Produção e especialmente consultar sobre o uso de casos didáticos e softwares. Eisenhardt (1989) argumenta que a inclusão de novas fontes de dados durante a pesquisa é válida e constitui uma alternativa que os pesquisadores podem usar para elevar a qualidade do trabalho.

A apresentação de todas estas informações auxilia na replicação do caso didático em novas turmas, aumentando a confiabilidade (critério para avaliar a qualidade de uma pesquisa).

O próximo passo é a <u>coleta de dados</u>. Yin (2010) explica que o uso de múltiplas fontes e métodos de coleta de dados confere significância ao estudo de caso. Usualmente são empregadas ferramentas padronizadas e processos de entrevista estruturada (ex. questionários), especificamente criados para medir as características descritas em uma questão de pesquisa. Como exposto, usou-se dois questionários: um *survey* para professores e outro para os alunos. Além dos questionários, serão utilizadas avaliações, etapas do caso didático e listas como fontes de evidencias para o teste da hipótese central de pesquisa. Todos os dados foram armazenados em arquivos, conformando assim um banco de dados do estudo de caso, conforme os princípios detalhados em Yin (2010). Alguns desses dados (por exemplo, as notas) serão sintetizados estatisticamente, mediante técnicas da estatística descritiva (FREUND; SIMON, 2000).

Referente à aplicação dos materiais, decidiu-se de mutuo acordo entre o autor e o orientador do trabalho que os mesmos sejam aplicados a todos os alunos da disciplina. Isto para dar um trato igualitário a todos eles.

Por último, outro recurso empregado foi a observação direta, pela participação do autor como monitor da disciplina, o que possibilitou observar as atividades em todas as aulas ministradas, além das provas.

Com os dados coletados, inicia-se a fase de <u>análise dos dados</u>. De acordo com Gil (2008), devido à variedade de métodos empregados na coleta de dados, os processos de análise podem também variar de estudo em estudo.

Ao respeito da abordagem da pesquisa, a mesma pode ser classificada como de abordagem combinada. A abordagem *quantitativa* é utilizada geralmente para testar hipóteses vindas de uma teoria. Neste caso, o uso de questionários e notas dos alunos fornecem dados para teste da hipótese. A abordagem *qualitativa* usa-se devido ao fato do estudo de caso conter um único caso. Esta abordagem será utilizada para descrever melhor o ambiente onde a pesquisa acontece, como também para obter informações sobre as perspectivas dos indivíduos que formam parte da pesquisa, neste caso os alunos. Ainda, serão descritos tanto o desenho como a aplicação prática do caso didático.

Creswell e Clark<sup>4</sup> (2006 apud MARTINS, 2010, p.55) apresentam uma série de vantagens ligadas à combinação das abordagens:

- oferece vantagens que compensam os pontos fracos das abordagens;
- fornece evidências mais abrangentes para um estudo em comparação com o uso de uma só abordagem;
- ajuda a responder questões que dificilmente possam ser respondidas por alguma das abordagens isolada;
- encoraja aos pesquisadores que preferem algum tipo de pesquisa a colaborar com outros que preferem algo diferente;
- encoraja o uso de múltiplos pontos de vista, que vai além de uma simples associação típica dos pesquisadores quantitativos e qualitativos;
- dá liberdade ao pesquisador, no sentido da possibilidade de utilização de várias técnicas na procura da solução do seu problema.

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> CRESWELL, J. W.; CLARK, V. L. P. **Designing and conducting mixed method research**. Londres: Sage, 2006.

Finalmente, encontra-se a etapa de <u>redação do relatório</u>. Esta dissertação conforma esta parte final da pesquisa.

# 4.3 ROTEIRO DE PESQUISA

Na Figura 23 detalham-se as etapas deste trabalho, baseadas no roteiro apresentado em Cervo e Bervian (1983).

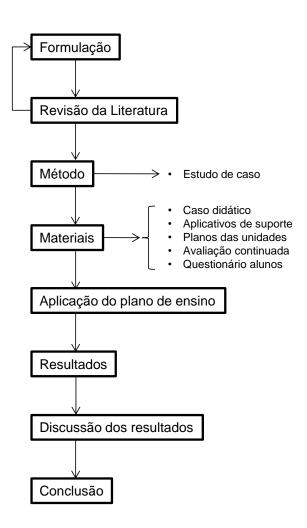


Figura 23 – Roteiro de pesquisa Adaptado de Cervo e Bervian (1983)

A seguir, serão brevemente apresentadas cada uma destas etapas, posteriormente detalhadas nos capítulos seguintes deste trabalho. Na <u>Formulação</u> incluem-se as informações relevantes do estudo realizado. Entre os pontos destacam-se: a escolha do tema de pesquisa, a delimitação do estudo, a formulação do problema, o enunciado das hipóteses e a sua justificativa. A "formulação" neste trabalho encontra-se no capítulo um: Introdução.

A segunda etapa é a Revisão da Literatura. Parra Filho e Santos (2003) destacam que uma pesquisa bibliográfica, qualquer que seja o campo de estudo, sempre será necessária, para se ter um conhecimento prévio do estado da arte em que se encontra o assunto. A pesquisa bibliográfica encontra-se nos capítulos dois e três desta dissertação.

A terceira etapa é chamada de <u>Metodologia</u>: procurando uma melhor organização do conteúdo, decidiu-se separar a caracterização da pesquisa – ou métodos – que conforma o presente capítulo, do trabalho de natureza mais prática – os materiais. Antes de prosseguir com a pesquisa no campo, deve-se analisar o contexto da pesquisa e prover os recursos necessários para a realização do estudo de caso. Todos esses recursos (listados na Figura 23) serão descritos no capítulo seguinte.

A seguir, encontra-se a Aplicação do plano de ensino. Como explicitado anteriormente, decidiu-se aplicar o mesmo em uma disciplina de graduação (Planejamento e Controle da Produção) de um curso de Engenharia de Produção, para a coleta de dados. No capítulo seis desta dissertação está descrita esta experiência.

Finalizando, têm-se os <u>Resultados, Discussão e Conclusões</u>. Nos últimos capítulos, serão apresentados os resultados da experiência piloto, e, prévia discussão dos mesmos, detalhadas as conclusões do trabalho.

### **5 ESTUDO DE CASO**

#### 5.1 A DISCIPLINA

Neste trabalho, considerou-se a disciplina de Planejamento e Controle da Produção de um curso de graduação em Engenharia de Produção. Esta disciplina é classificada pela Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO) como integrante da subárea de conhecimento "Gestão da Produção", subárea tipicamente relacionada à Engenharia de Produção. Além disso, no documento que detalha os laboratórios recomendados para o curso de Engenharia de Produção, e dentro do núcleo de conteúdos específicos, encontra-se especificado para a disciplina PCP, o uso de "Atividades desenvolvidas nos laboratórios de informática com softwares específicos, visando atender suas práticas". Essas atividades estão presentes na resolução do caso didático proposto.

O plano de ensino que inclui o caso didático foi testado em uma turma da disciplina "Planejamento, Programação e Controle da Produção" do curso de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Ela é oferecida uma vez por ano e tem duração de um semestre (60 horas). Atualmente ela é ministrada por dois professores, onde cada um ministra metade dos temas. Os alunos são divididos em duas turmas, de 35-40 alunos cada.

No caso específico deste trabalho, o autor participou da disciplina como monitor da mesma, dando suporte a um dos professores que é o encarregado de lecionar os temas de interesse para a pesquisa (MRP e APS). O autor consequentemente teve dois papéis neste trabalho: por um lado, como pesquisador, realizando a pesquisa de campo (observação direta e análise documental). Por outro lado, como monitor, ofereceu suporte aos alunos na resolução do caso didático e listas de exercícios, e foi o encarregado de corrigir esses trabalhos. Isto não incluiu as provas que foram responsabilidade exclusiva dos professores.

### 5.2 PLANEJAMENTO DO ENSINO

Além do caso didático (foco deste trabalho), foram empregados outros recursos para aprimorar o processo de ensino-aprendizagem. A seguir são apresentados os três materiais, para logo prosseguir com uma descrição detalhada do caso didático.

#### 5.2.1 Planos das unidades

Lembrando, os planos de unidade são planos desenhados para cada unidade temática de uma disciplina. Eles ajudam na estruturação das mesmas. Neste trabalho, foram elaborados planos para as unidades Previsão de Demanda, MRP e Programação Detalhada da Produção, diretamente relacionadas ao caso didático.

Será empregado o plano de unidade desenvolvido para o tema "MRP" a modo de exemplo para enumerar as diferentes seções que conformam o mesmo. Eles foram desenhados conforme as diretrizes propostas por Abreu e Masetto (1990) e explicitadas no capítulo dois. Os planos para as unidades podem ser encontrados no Anexo A. Todos eles possuem o mesmo formato.

Começando, cada plano tem uma primeira seção que é a <u>Identificação</u>. No caso do trabalho foram inclusos o código e nome da disciplina, nome do professor, o tema e o número de aulas com a duração em minutos. No caso da unidade MRP, ela tem uma duração de 4 aulas, ou 400 minutos.

O segundo ponto são os <u>Objetivos</u>. Vale destacar que esta disciplina concentra-se em objetivos do tipo cognitivo. Para a unidade do exemplo foram definidos os seguintes objetivos (Quadro 18):

Quadro 18 - Objetivos para unidade MRP

N°	Descrição
1	Definir os objetivos do MRP
2	Identificar as entradas e saídas do MRP
3	Explicar a lógica do algoritmo MRP
4	Destacar o MPS como ferramenta de planejamento.
5	Resolver casos com um simulador de sistema MRP em planilha
6	Diferenciar e criticar os módulos de verificação de carga
7	Discutir vantagens e limitações dos sistemas MRP

A lógica seguida na definição do Quadro 18 foi a passagem de objetivos orientados ao ensino para objetivos orientados para a aprendizagem. Por isso eles explicitam o que os alunos devem conseguir desenvolver após o término da unidade. Além disso, foram incorporados objetivos que não só visam que o aluno aprenda conceitos teóricos, senão que também consiga refletir sobre eles e poder construir sua própria visão (exemplos: objetivos 6 e 7).

Continuando, o terceiro ponto são os <u>Conteúdos</u> da unidade. Para cada uma, foram analisados os conteúdos atuais e quais poderiam ser incorporados. Como exemplo, na unidade de Programação da Produção, decidiu-se incluir material sobre algoritmos vindos da *Teoria de Scheduling*. No Quadro 19, encontram-se os conteúdos para a unidade MRP.

Quadro 19 – Conteúdos para unidade MRP

N°	Descrição
1	Definição do MRP. Origem. Entradas – Algoritmo – Saídas. Low Level Code: conceito
2	MPS: definição. Relação com Planejamento Agregado e com MRP
3	Lista de Materiais e Tempos. Registro de Estoque. Estoque de Segurança
4	Sistemas MRP II. Verificações de carga: Módulos RCCP e CRP
5	Vantagens e limitações do MRP
6	Sistemas ERP

O quarto ponto no plano da unidade são as <u>Estratégias</u> adotadas. O diferencial com turmas de anos anteriores encontra-se na aplicação do caso didático, que pretende levar os alunos a experimentarem situações reais encontradas nas empresas. No Quadro 20 detalham-se as estratégias empregadas na unidade MRP.

Quadro 20 – Estratégias de ensino para unidade MRP

Aula	Estratégia	Descrição	Material	
1 a 3	Aula expositiva	Apresentação de conceitos	Slides	
2	Trabalho escrito	Exercício em sala de aula sobre algoritmo MRP	Exemplo skate	
3	Debate com a classe toda	Debater vantagens e limitações do MRP		
3	Aula expositiva	Apresentar simulador MRP - CRP com exemplo	Planilha eletrônica - Simulador MRP-CRP	
	Trabalho escrito	Listas de exercícios (questões	Biblioteca - internet -	
4	Pequenos grupos	teóricas e práticas)	material da disciplina - computador	
Fora de	Estudo de caso	Fábrica de skates - etapa nº 2 – MPS	Planilha eletrônica -	
aula	Pequenos grupos	Fábrica de skates - etapa nº 3 – MRP	Simulador MRP-CRP	

O quinto e penúltimo ponto do plano detalha as <u>Avaliações</u>, i.e., como será medido o desempenho dos alunos. No caso analisado, são quatro as fontes de avaliação:

- no fim da última aula da unidade, é aplicada uma prova de conteúdos dessa unidade (vide seção 5.2.2);
- listas de exercícios;
- etapas do caso didático;
- questões inclusas nas duas provas da disciplina.

Para finalizar, os planos desenvolvidos incluem a <u>Bibliografia</u> específica da unidade. No quadro 21, encontra-se detalhada a bibliografia referente à unidade MRP.

Quadro 21 - Bibliografia específica para unidade MRP

### **BIBLIOGRAFÍA ESPECÍFICA**

Introduction to Materials Management – Arnold, Prentice Hall, 3.ed., 1998.
Factory Physics - Hopp & Spearman, McGraw-Hill/Irwin, 3.ed., cap.3, 2010.
Orlicky's MRP - Plossl, G., McGraw-Hill, 2.ed., 1994.
MPC Systems - Vollmann et al., Irwin / McGraw-Hill, 4.ed., 1997.
ERP History - Jacobs and Weston Jr (JOM, v. 25, p. 357-363, 2006)

### 5.2.2 Avaliação continuada

Com a intenção de avaliar o aprendizado dos alunos e ajudá-los na aprendizagem dos conceitos, decidiu-se implantar avaliações rápidas e facultativas no final de cada unidade temática. As provinhas têm as seguintes características:

- a duração de cada uma delas é de 10 minutos;
- as provas consistiam de quatro questões focadas nos pontos centrais de cada unidade;
- as perguntas teóricas mudavam de uma turma a outra, não assim as questões práticas. A avaliação da unidade Programação da Produção foi igual porque nas últimas aulas da unidade as duas turmas juntaram-se;
- nesta primeira aplicação, determinou-se que as mesmas fossem anônimas e sem valor na nota final. A expectativa é que as avaliações ajudem os alunos a determinar o que já sabem e o que precisa ser estudado. Além disso, o professor pode analisar quais pontos reforçar. Isto foi feito mediante a apresentação do gabarito da provinha no começo da aula seguinte;
- não eram de participação obrigatória. Igualmente, uma cópia da prova era repassada a cada aluno presente. Ele podia escolher não participar, deixando-a em branco e esperando que passassem os 10 minutos da atividade.

No Anexo B, estão apresentadas as três avaliações continuadas correspondentes às unidades Previsão de Demanda, MRP e Programação da Produção.

### 5.2.3 Pesquisa com os Alunos

Resulta sempre interessante em um processo (neste caso de ensino—aprendizagem), e quando possível, obter um *feedback* dos usuários do mencionado processo, no caso em questão, os alunos da disciplina PCP que participaram da experiência. Assim, foi desenhado um questionário para os alunos preencherem no final do período de aulas. Vale destacar que o mesmo refere-se apenas aos tópicos associados à questão de pesquisa (temas ministrados por um dos professores, nomeado aqui como módulo II). As telas do questionário repassado aos alunos encontram-se disponíveis no Anexo C.

O questionário foi dividido em 4 partes, como apresentado no Quadro 22. Empregou-se a validação sugerida por Leedy (2000), apresentada no mesmo quadro.

Quadro 22 – Questionário para Alunos da disciplina PCP (continua)

			Tipo de questão			
Tópico	Pergunta	Qual é a razão para esta questão?	Múltipla escolha	Escala	Questão aberta	Como você espera relacionar esta questão com a pesquisa?
	1. Nome:				Х	
	2. N° USP:				Х	
	3. Turma:		Χ			
	4. Procedência:	Identificar e	Х			]
Identificação	5. Está cursando a disciplina pela 1° vez?	caracterizar os respondentes.	Х			Não está diretamente relacionado.
	6. Gênero:		Х			
	7. Grupo:		Х			
	8. Frequentei as aulas regularmente.	Conhecer como os alunos avaliam o seu próprio desempenho na disciplina.		Х		
	9. Participei ativamente na resolução das Listas de Exercícios de cada unidade.			х		
Autoavaliação	10. Participei ativamente na resolução do Caso Didático (Fábrica de Skates).			х		Dar um nível certo de importância às respostas segundo a avaliação própria do aluno.
	11. Preparei-me para as provas.			Х		
	12. Tive um bom desempenho nas provas.			х		
Avaliação das Ferramentas de ensino - Módulo II	13. Avalie a importância dos recursos para o processo de aprendizagem dos tópicos do módulo II.	Conhecimento da opinião do aluno.		Х		Conhecer a importância relativa dada pelo aluno às diferentes ferramentas.

Quadro 22 – Questionário para Alunos da disciplina PCP (conclusão)

			Tip	o de ques	stão	
Tópico	Pergunta	Qual é a razão para esta questão?	Múltipla escolha	Escala	Questão aberta	Como você espera relacionar esta questão com a pesquisa?
Avaliação das Ferramentas de ensino - Módulo II	14. Ao final do módulo, ficaram claras as diferenças de abordagem da Programação no modelo MRP e Programação com Capacidade Finita.	Conhecimento da opinião do aluno.		X		Saber se na opinião do aluno, a questão de pesquisa foi resolvida.
	15. O Caso Didático ajudou a entender estas diferenças.			Х		Saber se o caso desenvolvido ajuda na resolução do problema de pesquisa.
Comentários	16. Sinta-se a vontade para realizar comentários, sugestões e críticas sobre as estratégias de ensino aplicadas no módulo.	Outras opiniões dos respondentes não inclusas nas anteriores perguntas.			Х	Compilar outras informações que possam servir na resolução do problema de pesquisa.

A primeira seção é a de identificação do respondente. O questionário não é anônimo, assim se assegura que uma mesma pessoa não responda duas vezes. Obviamente os dados pessoais não são divulgados. A segunda parte é de autoavaliação, perguntas feitas para ver como o próprio aluno viu seu desempenho na disciplina. Na terceira seção, solicita-se ao respondente avaliar todos os recursos de apoio ao ensino empregados. Especificamente, as perguntas 14 e 15 focam no problema de pesquisa e no caso didático respectivamente. Finalizando o questionário, foi incluída uma pergunta aberta para o aluno realizar comentários, sugestões e críticas.

A ferramenta escolhida para operacionalizar a pesquisa foi o software *Google Drive*. Esta ferramenta permite a criação de formulários na forma de questionários, e o envio do mesmo mediante um hiperlink onde o respondente visualiza o questionário. O software também compila os dados apresentado os mesmos em formato de planilha. Além disto, permite descarregar os resultados em vários formatos (planilha, texto plano, etc.) para o seu uso em outros programas.

Para o envio do *hiperlink* aos alunos, foi empregada a opção de envio de mensagens disponível no Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) da disciplina. A mensagem também se encontra no Anexo C. Passada uma semana do primeiro envio, foi repetida a mensagem para todos os alunos. Quando um aluno completava

o questionário, o próprio sistema enviava uma mensagem de agradecimento. Foram recebidas 28 respostas de um total de 79 alunos, ou seja, uma taxa de retorno de 35,4%. Os resultados deste questionário serão discutidos no capítulo referente à apresentação de resultados.

# 5.3 CASO DIDÁTICO

# 5.3.1 Características e descrição das Etapas

Como comentado através de todo este trabalho, a estratégia escolhida para aprimorar o aprendizado é o uso de um caso didático, definido conceitualmente no capítulo dois. Decidiu-se criar um caso com empresas fictícias.

Foram idealizadas duas empresas, cada uma adotando uma estratégia de produção diferente. A primeira empresa é a denominada **SK8 MRP**. Ela é a empresa principal do caso (a maioria das etapas referem-se a ela), e é onde a personagem principal trabalha. Ele é um jovem Engenheiro de Produção que ingressa na **SK8 MRP** para estruturar a área de PCP. Em cada etapa, ele deve resolver algum problema relacionado com o planejamento ou a programação da produção. Voltando à empresa, trata-se de um fabricante de skates, localizada no estado de São Paulo.

Decidiu-se por este produto devido a que o processo de produção é simples e fácil de compreender por boa parte dos alunos, além de possuir um número de peças constituintes que foi considerada adequada para a complexidade procurada. Ainda, é um produto considerado popular entre adolescentes, portanto todos os jovens universitários o conhecem. A **SK8 MRP** fabrica as pranchas e as rodas, comprando os demais componentes. A estrutura de materiais para um dos tipos de skates pode ser visualizada na Figura 24. Outros produtos vendidos separadamente são caixas com oito *shapes* (ou pranchas), pacotes de quatro rodas e eixos.

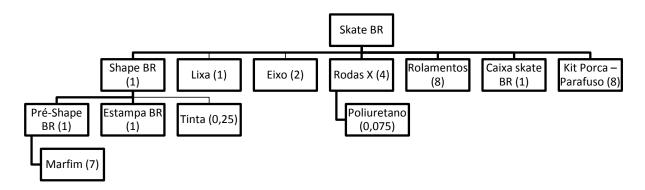


Figura 24 – Estrutura do skate modelo BR

Esta empresa adota uma estratégia de produção *Make-to-Stock* e um sistema de planejamento da produção do tipo MRP em conjunto com o uso do MPS. Uma decisão importante foi a escolha do ponto de partida do caso. Determinou-se que o melhor era começar pelo tema previsão de demanda. Isto porque o Planejamento Mestre da Produção em MTS, que determina as necessidades brutas dos produtos com demanda independente, depende da previsão do que será vendido nos próximos períodos.

Para apresentar a segunda abordagem de programação foco da pesquisa (abordagem APS/PF), decidiu-se criar outra empresa fictícia, a **Metal S.A.**, empregando outra estratégia de produção. Neste caso, foi escolhida uma estratégia de atendimento contra pedido (*Make-to-Order*) e uma configuração de oficina de máquinas (*Job-Shop*). Neste caso, a empresa fornece peças fundidas e/ou usinadas, empregando para isto diferentes máquinas-ferramentas. O elo com a outra empresa é que a segunda fornece os eixos para os skates.

Para seguir a cronologia de temas da disciplina, o caso didático foi dividido em etapas, visando abarcar todos os temas referentes ao problema de pesquisa. A sequência está descrita na Figura 25. São cinco etapas: as três primeiras correspondem à fábrica de skates, a quarta se desenvolve na fábrica de eixos. A quinta etapa é compartilhada entre ambas as empresas.



Figura 25 – Etapas do estudo de caso

As etapas do caso, conforme apresentadas aos alunos, encontram-se descritas no Anexo D.

A seguir é descrita cada uma das etapas do caso. Já na próxima seção encontra-se o detalhamento de cada software empregado para a resolução das etapas.

#### **Etapa 1: Previsão de Demanda**

A etapa inicial do caso começa com a descrição da empresa **SK8 MRP**. É definida desde a missão, passando pela descrição do mercado onde atua, os produtos que fabrica e vende, até dados referentes ao processo produtivo de fabricação e montagem. Todos esses dados foram levantados pelo autor, baseandose em informações procuradas na Internet, tentando sempre que os dados sejam realistas. Para isto teve que ser calculado cada um dos tempos gastos em cada processo, para definir uma capacidade de produção de acordo com o porte da empresa criada. Definidos os dados de produção, apresentam-se informações sobre demanda para previsão e planejamento da produção.

O objetivo central nesta primeira etapa é que os alunos formalizem um processo de previsão de demanda. Para isto, foram elaboradas séries de dados de

vendas de cada produto e repassadas aos alunos em formato de arquivo de texto (Tabela 3). O formato "txt" é uma forma padrão de transferência de dados entre aplicativos. São cinco séries de vendas diárias, uma de cada produto – três tipos de skates, sendo que um deles deixa de ser fabricado e é substituído por outro (esse fenômeno é refletido nas séries), a caixa de *shapes* e um modelo de pacote de rodas – no período de jan/07 a set/11. Cada série apresenta alguma particularidade diferente, por exemplo, um produto inclui uma tendência crescente, enquanto outro apresenta sazonalidade, caso do Skate modelo *BR KIDS*, que apresenta picos de vendas no Natal (Figura 26). Outra particularidade é a inclusão de *outliers* em algumas das séries.

Tabela 3 – Dados sobre vendas dos produtos

Produto	Data	Demanda
SK8 MRP	02/01/2007	140
SK8 MRP	03/01/2007	141
SK8 MRP	04/01/2007	135
SK8 MRP	05/01/2007	122
SK8 MRP	08/01/2007	154
SK8 MRP	09/01/2007	147

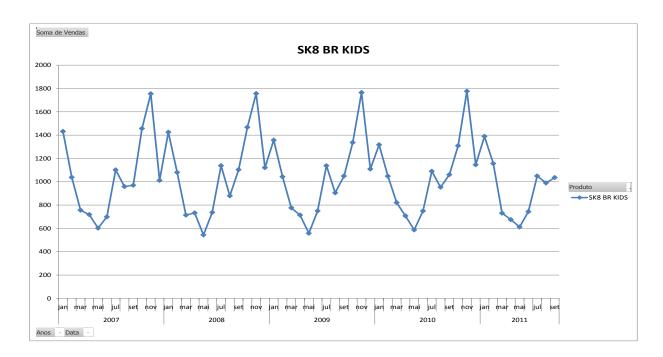


Figura 26 - Histórico de vendas skate modelo BR KIDS

Apresentados os dados, foi solicitado que os alunos forneçam previsões para três meses e calculem o erro de previsão, a partir do método de previsão mais adequado dentre os apresentados em aula, justificando a escolha. Como pode ser observado, procurou-se sempre empregar assuntos que permitam que os alunos tenham que elaborar uma resposta e justificar ela, usando os dados disponíveis. Isto é diferente de uma pergunta do tipo teórica ou de um exercício numérico, que sempre tem uma única resposta. O que se pretende com o caso é colocar aos alunos com uma situação o mais perto possível da realidade, onde às vezes não se encontram disponíveis todas as informações, no entanto decisões devem ser tomadas. Isto com a ideia de gerar entre eles o debate de ideias, dentro do trabalho de grupo, para elaborar conclusões que eles mesmos deverão fundamentar. O resultado desta etapa, i.e., as previsões para os produtos e respectivos erros, serão empregadas na Etapa 2.

# Etapa 2: Programação Mestre da Produção

O objetivo nesta etapa é realizar a programação mestra da produção, em conjunto com uma verificação aproximada da capacidade de alguns recursos considerados críticos. Para isto são utilizados os módulos MPS e RCCP, explicados na fundamentação teórica. Destaca-se aqui a alternativa de uso de modelos de Pesquisa Operacional para a resolução, em decorrência de procurar uma solução por tentativa e erro.

Nesta etapa também é solicitado aos alunos que realizem uma crítica do programa mestre proposto (questão aberta). Poderia se dizer que esta é uma etapa intermediaria, já que ela poderia estar inclusa na etapa seguinte, porém se decidiu separar ela para ressaltar a programação via MPS.

# Etapa 3: Planejamento da Produção via MRP

Nesta etapa, começa a ser estudada uma das abordagens de programação da produção foco da pesquisa. Usando os resultados da etapa anterior e com informações adicionais sobre os itens (Quadro 23): listas de materiais, políticas de

estoques etc., os alunos devem realizar o cálculo das necessidades de materiais, empregando a lógica do MRP. Além disto, os alunos são indagados para que avaliem tanto o sistema que foi disponibilizado (feito em Excel / VBA) quanto a qualidade da solução gerada. Essas questões permitem uma análise crítica do modelo de MRP, evitando que a atividade seja somente "preencher uma planilha e gerar um resultado".

Quadro 23 – Arquivo Mestre dos itens

Código novo	Código	Descrição	Unidade medida	Lead Time	Estoque de Segurança
1	SK8 BR	Skate modelo BR	peça	1	350
2	SK8 BR KIDS	Skate modelo BR KIDS	peça	1	150
3	CX SH BR	Caixa de Shapes	peça	1	60
4	PRX	Pacote de Rodas mod. X	peça	1	1200
5	PRY	Pacote de Rodas mod. Y	peça	1	600
6	SH BR	Shape modelo BR	peça	1	300
7	LIX	Lixa	peça	3	0
8	EIX	Eixo	peça	2	0
9	RODX	Roda mod. X	peça	1	0
10	RLM	Rolamento	peça	2	0
11	CX BR	Caixa para skate BR	peça	2	0
12	SH BR KIDS	Shape modelo BR KIDS	peça	1	100
13	CX BR KIDS	Caixa para skate BR KIDS	peça	2	0
14	CX SH	Caixa para embalagem de Shapes	peça	2	0
15	FLM	Filme termo-encolhível	m	1	0
16	PCTX	Caixa para pacote de roda mod. X	peça	2	0
17	TQT	Tíquete	peça	1	0
18	RODY	Roda mod. Y	peça	1	0
19	PCTY	Caixa para pacote de roda mod. Y	peça	2	0
20	PSH BR	Pré-shape modelo BR	peça	1	100
21	EST BR	Estampa modelo BR	peça	3	300
22	PU	Poliuretano	kg	2	0
23	EST BR KIDS	Estampa modelo BR KIDS	peça	3	100
24	PSH BR KIDS	Pré-shape modelo BR KIDS	peça	1	100
25	PIGM	Pigmento para coloração	kg	2	0
26	MARFIM	Lâmina de Marfim	peça	4	0

Etapa 4: Programação Detalhada da Produção

Nesta etapa, o foco passa a ser a segunda a abordagem APS/PF, técnica de programação empregada na empresa **Metal S.A.** Na história, a empresa enfrenta problemas no atendimento dos seus clientes (cumprimento das datas de entrega prometidas) e, para isto, contrata um Engenheiro de Produção (papel interpretado

pelos alunos) para avaliar a reutilização de um sistema de Programação da Produção que a empresa tem, mas que não está sendo usado. Novamente, todas as informações referentes à operação da empresa: produtos que comercializa, centros produtivos, roteiros de produção (um exemplo é oferecido na Figura 27) e calendário com dias feriados são fornecidos para que a solução seja o mais realista possível.

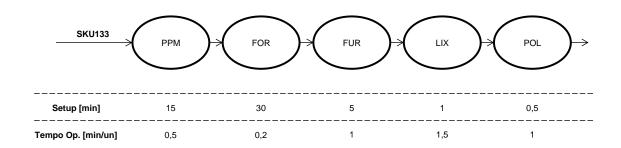


Figura 27 – Roteiro de produção para o item SKU133

Os objetivos nesta etapa incluem analisar criticamente e propor melhorias para as soluções de programação geradas de forma automática por um sistema de programação finita. Ainda, os alunos tem que avaliar criticamente o sistema empregado. Com isto, espera-se proporcionar uma visão mais realista das dificuldades de programação de uma empresa que lida com datas de entrega dos pedidos, e tem que programar as suas operações para cumpri-las.

## Etapa 5: Sistemas MRP ou Programação Finita?

A última etapa do estudo de caso não faz uso de softwares, senão que ela pretende que os alunos, empregando todo o conhecimento adquirido durante o curso (aulas, exercícios, avaliações e etapas anteriores), elaborem uma conclusão acerca da possibilidade de integração dos sistemas: MRP e Programação Finita (APS/PF).

Nesta etapa final, o foco do caso volta para a empresa original (**SK8 MRP**), no entanto relacionando-a com a empresa fornecedora de eixos. A narrativa relata uma visita técnica dos donos da empresa fabricante de skates (empresa cliente) à empresa fabricante de eixos (fornecedora), onde eles conhecem a ferramenta de

programação finita da produção. Surpreendidos com o bom desempenho da mesma, eles tem a ideia de implantar algum sistema semelhante na sua empresa. No entanto, estão com dúvidas acerca de se tem que abandonar o uso do sistema MRP, ou se ambos os sistemas poderiam trabalhar em conjunto.

Para a resolução da etapa, os alunos têm que elaborar um relatório explicando as diferenças entre as abordagens MRP e APS/PF, procurando informações adicionais em livros, artigos acadêmicos ou mesmo na internet. Finalizando, os grupos têm que explicar se é possível o uso conjunto das duas abordagens, ou se uma substitui a outra. Isto requer certo nível de conhecimento, além de ter participado das aulas teóricas. Ressalta-se aqui o objetivo desta etapa é exatamente o objetivo do plano de ensino com o caso didático apresentado, isto é, ajudar a entender as diferenças entre as duas abordagens de programação da produção.

Como se observa, cada etapa está correlacionado a um tópico da disciplina. A seguir, será descrita a escolha dos diferentes softwares que vão apoiar cada uma das etapas (lembrando que a Etapa 5 é uma etapa de integração de conceitos, portanto não precisa de apoio computacional).

# 5.3.2 Sistemas de apoio à decisão

Como comentado no ponto 2.3, existem escolhas a serem feitas referentes ao tipo de software empregado em cada uma das etapas do caso didático. A continuação, serão detalhadas as opções que foram analisadas para cada uma delas e descritas as empregadas.

### Etapa 1: Previsão de Demanda

Para a primeira etapa, foram geradas séries históricas para cinco produtos. Isto foi realizado em planilhas de cálculo mediante um gerador de séries desenvolvido anteriormente. Procurou-se que cada série tivesse uma ou duas particularidades, como apresentar tendência (negativa ou positiva), sazonalidade e aleatoriedade. *Outliers* foram incorporados para aumentar o realismo das séries.

Para esta primeira experiência, decidiu-se criar um único conjunto de valores para todos os grupos de alunos, visando uma uniformidade nos resultados das previsões que são empregados nas etapas seguintes. Corre-se o risco de que os grupos "colem", no entanto, como já explicado, as etapas incluem também questões onde os grupos tem que analisar e extrair conclusões. Concluindo, o conjunto de dados históricos foi disponibilizado em arquivos de texto plano ("txt"). Dessa forma, os alunos podiam importá-los para qualquer software que decidam usar.

Referentes aos softwares, como sugestão foram indicadas duas opções. A primeira seria o emprego de planilhas de cálculo MS Excel ©, devido a sua ampla difusão e ao fato da resolução da etapa não ser complexa, consistindo em tabular os dados e calcular, via fórmulas apresentadas em sala de aula, as previsões de demanda segundo os métodos mais conhecidos. A segunda opção indicada foi o emprego de um software comercial. O indicado nesse caso era o Minitab ©, já que o mesmo se encontra disponível nos laboratórios da instituição e disponibiliza os principais métodos de previsão, incluindo os abordados em sala de aula. A Figura 28 resume as entradas e saídas desse módulo.

ENTRADA PROCESSAMENTO		SAÍDA
Histórico de Pedidos por Produto	Análise de séries temporais Modelos de Previsão de Demanda	Previsões por Produto e por Período

Figura 28 - Processo Previsão de Demanda

# Etapa 2: Programação Mestre da Produção

Neste ponto, os alunos devem elaborar em planilhas de cálculo um programa mestre e também avaliar os perfis de carga de dois recursos críticos. Nesta etapa, os grupos podem obter uma solução mediante tentativa e erro, ou, de um modo mais correto, podiam procurar uma solução ótima (ou perto dela) mediante o uso de um otimizador, por exemplo, o complemento *Solver* do MS Excel ©.

Para facilitar a resolução e aproveitar melhor o tempo, foi desenvolvida uma planilha padrão que auxilia na resolução da etapa. Ela já considera a opção de resolução via *Solver*. Isto deixa aos alunos mais tempo para pensar uma solução melhor em vez de ter que elaborar um sistema, Ela está apresentada integralmente na Figura 29. Os componentes deste módulo estão detalhados na Figura 30. A seguir são descritos cada um deles.

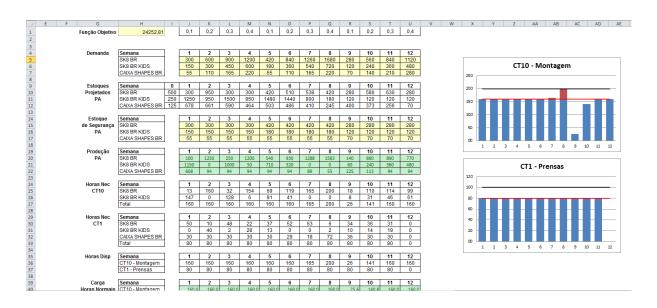


Figura 29 - Planilha para cálculo dos módulos MPS e RCCP

ENTRADA	PROCESSAMENTO	SAÍDA
Previsões Inventário P.A. Dados de produtos - CTs	MPS RCCP	Programa Mestre de Produção validado

Figura 30 - Processos MPS e RCCP

A etapa concentra-se no planejamento da produção de três produtos acabados (SK8 BR, SK8 BR KIDS e CAIXA DE SHAPES) que compartilham os dois recursos considerados críticos na empresa: o CT1 – prensas e o CT10 – linha de montagem final. Para elaborar o plano mestre, os alunos devem usar as previsões de vendas para os próximos três meses obtidas na Etapa 1. Para simplificar o

cálculo, considera-se que cada mês pode ser dividido em quatro semanas e a demanda em cada uma de elas é de 10, 20, 30 e 40% da demanda total, a partir da primeira semana de cada mês. Portanto, a janela de tempo empregada é de uma semana.

Também são fornecidos dados sobre estoques de produto acabado no início do primeiro mês do horizonte de planejamento, os tempos padrão de cada produto em cada centro e a defasagem, definida como a quantidade de períodos entre a disponibilidade de um produto e o período no qual foi empregado o recurso para fabricá-lo. Por exemplo, se a defasagem de um recurso é "menos um", significa que para um produto final que se encontra disponível no período 3, a quantidade de tempo necessário para fabricá-lo deve ser considerado no período 2. Esses dados estão na Tabela 4.

Tabela 4 – Dados dos produtos

Produto	Centro	Tempo Unit. Padrão [h]	Defasagem
SK8 BR	CT1	0,04	-1
SK8 BR KIDS	CT1	0,04	-1
CAIXA SHAPES BR	CT1	0,32	-1
SK8 BR	CT10	0,128	0
SK8 BR KIDS	CT10	0,128	0

Obviamente, os centros de produção tem uma capacidade limitada de horas, tanto normais quanto extras (Tabela 5).

Tabela 5 – Capacidades CT1 e CT10

Centro	Capacidade horas normais [h]	Capacidade horas extras [h]
CT1 – Prensas	80	20
CT10 - Montagem	160	40

Com todas estas informações, os alunos devem empregar alguma fórmula para cálculo das necessidades brutas. A função objetivo usada na planilha padrão minimiza as horas extras empregadas (ponderação = 100) e os estoques projetados

no final de cada período (ponderação = 1). As variáveis de decisão são as quantidades de produto acabado por período, e a carga em horas das máquinas, tanto horas normais quanto extras.

Finalmente, elaboram-se os gráficos que retratam a carga e a capacidade de cada recurso crítico produtivo. Eles estão já vinculados aos valores da tabela à esquerda deles (Figura 29), permitindo a validação do Programa Mestre quanto à capacidade.

# Etapa 3: Planejamento da Produção via MRP

As possíveis alternativas de softwares para resolução desta etapa incluem o desenvolvimento de um sistema (ex. em planilhas de cálculo), o uso de softwares profissionais (por exemplo, algum módulo MRP dos sistemas gerenciais ERP), softwares livres (exemplo deles são alguns ERP's de código aberto, como o *Open ERP*), ou softwares educativos.

Neste trabalho, escolheu-se um sistema desenhado e codificado por um professor do Departamento de Enga. de Produção da POLI – USP em conjunto com um profissional externo à instituição, que gentilmente disponibilizaram o software.

O aplicativo foi desenvolvido inteiramente em planilhas de cálculo do software MS Excel ©, suportado por módulos programados mediante o complemento *Visual Basic for Applications* (VBA). O *layout* é simples e didático, onde em uma aba se tem as tabelas de ingresso de dados e em outra se tem o resultado dos cálculos. Este sistema já foi empregado na disciplina apenas para demonstração de conceitos. Ele é um sistema considerado proprietário (de código fechado) e por esta razão não poderá ser compartilhado com outros professores.

O módulo MRP é conformado pelos elementos fornecidos na Figura 31. Para descrição das tabelas que o compõem, serão usados como exemplo dois produtos genéricos, denominados itens 100 e 200.

ENTRADA	PROCESSAMENTO	SAÍDA
Programa Mestre de Produção Lista de Materiais – Cadastro de Itens Inventários de módulos e componentes	Lógica MRP CRP	Ordens Planejadas de Produção Ordens Planejadas de Compra

Figura 31 - Módulo MRP

A continuação serão descritos brevemente cada um dos elementos.

O Programa Mestre de Produção (MPS) indica quantas unidades devem ser produzidas para manter um nível desejado de estoque (incluindo o estoque de segurança), período a período. Essas quantidades calculadas resultam ser as necessidades brutas dos itens de demanda independente no MRP.

As Listas de Materiais (ou BoM - Bill of Material) indicam as partes que compõem um determinado produto (ou subproduto). De certa forma, indica a sequência de montagem do produto final. Por exemplo, observam-se as estruturas de dois produtos 100 e 200 (Figura 32 - a, b).

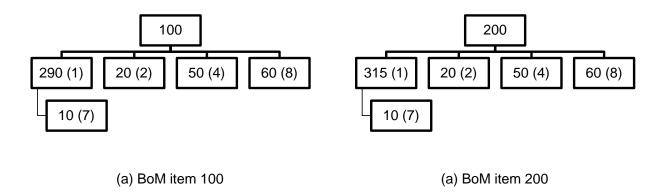


Figura 32 – Estrutura itens 100 e 200

A Tabela 6 reproduz a mesma informação da Figura 32, indicando a quantidade de unidades de um componente (filho) necessárias para produzir uma unidade do produto "pai".

Tabela 6 – Estrutura ítens 100 e 200

Código item Pai	Código item Filho	Quantidade no pai
100	290	1
100	20	2
100	50	4
100	60	8
200	315	1
200	20	2
200	50	4
200	60	8
290	10	7
315	10	7

O Cadastro de Itens, segundo Oden; Langenwalter e Lucier (1993) deve conter um único registro para cada item, com várias informações. Conforme estes autores, este arquivo é dividido em dois, uma parte contendo a informação estática (que não é modificada com frequência), e outra com os dados dinâmicos, chamada de Arquivo de Inventário. Na Tabela 7, visualiza-se um exemplo no sistema empregado.

Tabela 7 – Item Master

Cód-Item	Descr	Unid	LLC	LTime	PolGrup	LotFix	TpoFix	QtdMin	QtdMult	TpoSeg	EstSeg
100		peça	0	4	L	0	0	1	1	0	0
200		peça	0	1	L	0	0	1	1	0	0
290		peça	1	1	L	0	0	1	1	0	50
315		peça	1	1	L	0	0	1	1	0	200
20		peça	1	2	L	0	0	100	100	0	0
50		peça	1	3	L	0	0	2000	2000	0	0
60		peça	1	1	L	0	0	200	200	0	0
10		peça	2	2	L	0	0	1000	200	0	0

Cada item tem seu código, descrição e unidade de medição. O *low level code* poderia estar em uma tabela separada, já que na realidade não é atributo do item e sim da instância. Entretanto, no software ele se encontra alocado na mesma tabela. A continuação, tem-se o tempo que o item demora em ser produzido ou comprado (*lead time*). A unidade de tempo será a mesma que a escolhida como janela de tempo (*time bucket*). Os próximos dados referem-se a como ele é controlado:

empregam-se três políticas de lote: *lote a lote*, usando quantidades mínimas e múltiplas; *lote fixo*, empregando um tamanho fixo de lote (LotFix); e *lote periódico*, usando o parâmetro TpoFix. Por último, podem ser definidos um *lead time* de segurança ou um estoque destinado ao mesmo fim.

Por fim, para rodar o cálculo de necessidades, é necessário conhecer o nível de estoque de módulos e componentes dos produtos finais, tanto o inventário em mão (estoques iniciais), quanto recebimentos programados em períodos futuros. Para isto, existe uma tabela como a visualizada na Tabela 8. O parâmetro DataDisp indica a data em que os componentes encontram-se disponíveis.

Tabela 8 – Estoques

Coditem	Qtde	DataDisp
100	115	0
200	90	12
290	60	1
315	35	0

A lógica de processamento de cada item no modelo MRP, que contempla os passos iterativos de balanço de estoque, formação de lote, programação para trás e explosão de materiais (HOPP; SPEARMAN, 2008), encontra-se descrita no capítulo 3.

As principais saídas de um sistema baseado na lógica MRP são as ordens planejadas de compra e produção. Os resultados do processamento podem ser visualizados na Tabela 9. Contém um registro básico para cada item, incluindo a quantidade requerida, a data que a ordem deveria ser liberada (segundo o *lead time* do item) e, na última coluna, o recebimento planejado na data de necessidade especificada.

Tabela 9 - Registro MRP

Coditem	Qtde	DataLib	DataNec
10	1000	3	5
20	100	4	6
50	2000	3	6
60	200	5	6
60	200	10	11
100	10	6	10
100	20	11	15
290	60	5	6
290	20	10	11

Um segundo objetivo da etapa consiste em verificar a carga dos recursos produtivos para a solução gerada. Isto é feito pelo módulo CRP, explicado também no capítulo 3. Este processo está resumido na Figura 33.

ENTRADA	PROCESSAMENTO	SAÍDA
Ordens de produção Cadastro de Centros Roteiros – Tempos padrão (BoR)	CRP	Verificação da Capacidade

Figura 33 – Módulo CRP

Do lado da entrada de dados, o MRP é o encarregado de gerar ordens planejadas de compra e produção. Estas últimas indicam a quantidade de produtos e semiacabados a realizar. O cadastro dos centros produtivos consiste em um registro onde são armazenados os dados principais sobre os recursos de produção. Os dados necessários são os indicados no exemplo da Tabela 9. Incluem o código do recurso, sua descrição e o tipo dominante de recurso (máquinas ou pessoas).

Tabela 10 – Cadastro de centros produtivos

CodRec	odRec Descr	
Fabr	Fabricação	m
Pint	Pintura	m
Mont	Montagem	m

Os roteiros de produção, junto com os tempos padrões de produção, são chamados de fluxogramas de processos, ou em inglês *Bill of Resources* (BoR). Eles indicam a série de operações necessárias para elaborar uma unidade de um determinado produto ou componente. Em conjunto, devem ser fornecidos os tempos padrões de cada operação. No sistema simulado, estas informações são cadastradas em uma tabela igual à apresentada a seguir (Tabela 11).

Tabela 11 – Fluxogramas de processos

Coditem	Operação	CodRec	ConsHs
100	10	Mont	2
200	10	Mont	2
290	10	Fabr	2
290	20	Pint	1
315	10	Fabr	2
315	20	Pint	1

A lógica do módulo CRP, como no caso do MRP, já foi exposta no capítulo 3.

Como saídas, este módulo calcula para cada recurso produtivo a quantidade de horas padrão necessárias para produzir os produtos em cada período que o recurso for requisitado. Não é realizada uma comparação automática da carga vs. capacidades dos recursos. Esta tarefa e deixada para os alunos fazerem, por exemplo, elaborando os gráficos de carga dos recursos. Uma saída do sistema empregado está representada na Tabela 12.

Tabela 12 - Saída do CRP

CodRec	ConsHs	DataNec
Fabr	120	6
Fabr	40	11
Mont	20	10
Mont	40	15
Pint	60	6
Pint	20	11

# Etapa 4: Programação Detalhada da Produção

Para a etapa de Programação da Produção considerando capacidade finita dos recursos, podem ser empregados vários tipos de sistemas. Existem obviamente softwares profissionais, tais Preactor comerciais como O (http://preactor.com/Home.aspx?lang=pt-BR), que poderiam ser empregados em casos didáticos como o apresentado neste trabalho. Outra opção seriam sistemas didáticos desenvolvidos em planilhas, como por exemplo, o apresentado em Girotti, Nishimura e Mesquita (2011). Esse software é utilizado na disciplina em sala de aula para apresentação de conceitos e foi considerado para uso no caso como opção inicial. Por último, tem-se também como alternativa o uso de software didático, tal como o Lekin (versão acadêmica), desenvolvido pela Stern School of Business, NYU. Pela sua praticidade, facilidade de uso (por exemplo, a opção para arrastar operações no gráfico de Gantt) e por ser uma opção gratuita (os alunos podem descarregar diretamente da internet acessando em http://community.stern.nyu.edu/om/software/lekin/), o Lekin foi o sistema escolhido para a resolução desta etapa. A continuação, serão descritos brevemente os seus elementos componentes. A Figura 34 apresenta o processo de Programação da Produção pensado para esta etapa.

ENTRADA	PROCESSAMENTO	SAÍDA	
Cadastro de Produtos Recursos Produtivos Roteiros de produção Carteira de Pedidos; Calendário de feriados	Programação das operações	Sequência de operações nos centros	

Figura 34 – Módulo Programação da Produção

Para o Lekin funcionar, deve ser parametrizado com informações sobre a empresa que vai usá-lo. No caso da Etapa 4, introduz-se a história da **Metal S.A.**, fornecedora de eixos para a empresa fabricante de skates. A continuação, são apresentados os dados criados para o caso. Na Tabela 13, encontram-se alguns dos produtos que a **Metal S.A.** fabrica e vende.

Tabela 13 – Lista de produtos da Metal S.A.

Código	Descrição
SKU133	Eixo 133 mm
SKU146	Eixo 146 mm
SKU213	Peça 2 Cliente 13
SKU845	Peça 8 Cliente 45
SKU502	Peça 5 Cliente 2
SKU025	Porca t. 04
SKU100	Coroa d. 28
	•••

Entre eles são destacados os eixos, que são vendidos para a **SK8 MRP**. Essa é a conexão pensada entre elas e que permitirá a elaboração da Etapa 5 (sobre as diferenças entre o MRP e o APS/PF e a integração desses sistemas).

Os recursos produtivos são as máquinas ferramentas usadas na **Metal S.A.** (Tabela 14). Para cada produto foram desenhados os seus respectivos processos produtivos, como o exemplo visualizado na Figura 35, referente ao SKU146 (eixo de 146 mm).

Tabela 14 - Cadastro de recursos de produção

Código	Descrição
PPM	Preparação moldes
FOR	Forno
TOR	Torno
COR	Cortadeira
FRE	Fresadora
DOB	Dobradeira
FUR	Furadeira
LIX	Lixadora
POL	Polidora
RET	Retificadora

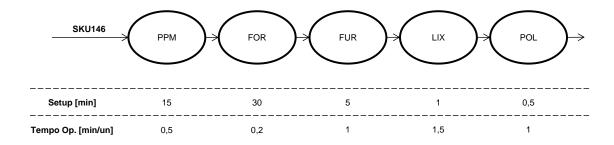


Figura 35 - Processo Produtivo: SKU146

Continuando, a Tabela 15 apresenta a carteira de pedidos que a empresa deve produzir e entregar no momento da Etapa 4.

Tabela 15 – Cadastro de recursos de produção

N° Pedido	Código Produto	Quantidade	Prazo	
1	SKU845	50	18/01/12	
2	SKU146	400	25/01/12	
3	SKU133	250	19/01/12	
4	SKU100	100	18/01/12	
5 SKU213		250	25/01/12	
6	SKU025	1000	26/01/12	
7	SKU502	200	28/02/12	
8 SKU146		300	13/03/12	
9	9 SKU845		01/02/12	
10	SKU502	200	01/02/12	

Como pode ser observado, cada pedido, além do número de peças, possui uma data real de entrega (o seu prazo). Uma característica do Lekin (software acadêmico) é que ele trabalha com calendário contínuo e não com datas reais. Para elevar a complexidade da etapa, é solicitado aos alunos que analisem os programas (soluções) gerados, considerando um calendário real. Para isso, foram repassados para os grupos os dias feriados em que a empresa não trabalha. Eles estão representados na Tabela 16. Os estudantes deverão pensar alternativas para superar esta limitação prática do software.

Tabela 16 - Calendário de dias feriados

Dia	Descrição
01/01/2012	Confraternização Universal
25/01/2012	Fundação de São Paulo
21/02/2012 Carnaval	
06/04/2012 Paixão de Cristo	
21/04/2012	Tiradentes
01/05/2012	Dia do Trabalho
07/06/2012	Corpus Christi

A Figura 36 apresenta uma visão das telas do Lekin. A janela denominada 1 apresenta um gráfico de Gantt onde é visualizada a sequência de operações dentro

de cada recurso, e o tempo que cada uma delas consume. Na janela número 2, encontram-se as ordens das operações dentro de cada recurso produtivo, com seu tempo (contínuo) de começo e fim. A janela definida como 3 exibe, para cada sequência gerada, o valor de cada um dos objetivos selecionados para a comparação das sequências. Por último, na número 4, o usuário pode visualizar, para cada produto, a sequência própria de operações, também com tempo de início e fim.

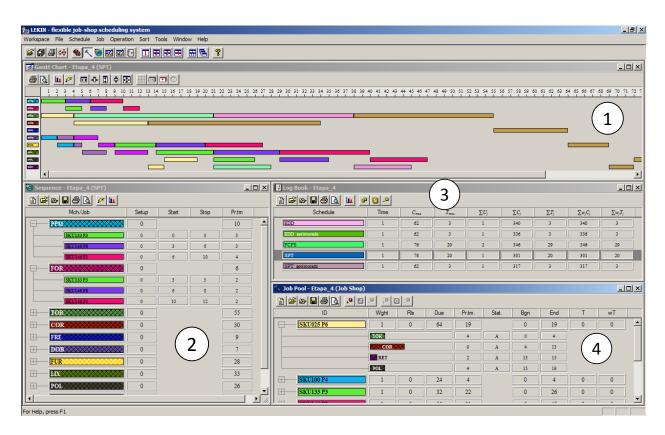


Figura 36 – Visão geral do sistema Lekin

Concluindo, tem-se que o software escolhido permite inserir todas as informações apresentadas anteriormente. As limitações referem-se ao uso do calendário de tempo contínuo e os roteiros sequenciais de produção. Por roteiro sequencial entende-se aquele onde não são contempladas operações de montagem de componentes, i.e., cada operação tem no máximo uma operação precedente.

Até aqui foram descritas as ferramentas desenvolvidas no intuito de melhorar o aprendizado dos alunos. No capitulo seguinte será detalhada a aplicação prática das mesmas na disciplina PCP em um curso de Engenharia de Produção.

# 6 APLICAÇÃO DO PLANO DE ENSINO

O uso do plano de ensino aconteceu em duas turmas da disciplina de PCP do curso de Engenharia de Produção da USP. O curso foi ministrado no primeiro semestre de 2012. Uma turma contou com 39 alunos, e a segunda com 40, totalizando 79 alunos.

Como comentado no capítulo anterior, a disciplina é ministrada por dois professores. O Quadro 24 oferece os temas abordados no curso e qual professor é o responsável.

Professor A – Módulo I	Professor B – Módulo II
Introdução ao Planejamento e Programação da Produção	Previsão de demanda
Gestão de Estoques	Planejamento das Necessidades de Materiais (MRP)
Planejamento Agregado da Produção	Programação Detalhada da Produção
Planejamento e Programação de Projetos	Sistemas de Produção Puxada

Quadro 24 - Temário e professor responsável - disciplina PCP

Como os tópicos tratados no problema de pesquisa (destacados em negrito) são responsabilidade do Professor B, e o caso didático foi desenvolvido levando em consideração esses assuntos, o foco do trabalho encontra-se no módulo II. O autor participou como monitor desse módulo. No futuro, pretendem-se incluir outros tópicos no caso didático, como, por exemplo, gestão de estoques e sistemas de produção puxada. Isto é considerado um desdobramento da pesquisa.

Em edições anteriores do curso, a metodologia aplicada era a seguinte:

- apresentação do assunto em aula expositiva mediante uso de slides;
- disponibilidade das apostilas, listas de exercícios e notas mediante uso do *Ambiente Virtual de Aprendizagem* – AVA, importante canal de comunicação entre professor e alunos;
- resolução de listas de exercícios: os alunos formam grupos de no máximo quatro alunos (cinco em casos aceitos pelo professor). Eles podem

começar a resolução em sala de aula, caso exista tempo disponível após a apresentação dos temas. As listas contêm tanto perguntas dissertativas como exercícios numéricos. Em algumas unidades também era solicitado um fichamento de artigo científico;

provas: são duas provas, contemplando cada uma duas unidades.
 Possibilidade de realização de uma prova substitutiva.

O valor da nota final de um aluno tinha peso quatro para as provas e um para as listas de exercícios. O professor dispõe de um horário de consulta fora do horário de sala de aula, uma vez por semana.

Para as turmas de 2012, foram programadas para cada módulo 19 aulas de 100 minutos cada. No módulo II elas foram distribuídas assim: uma aula de apresentação da disciplina (todos os alunos juntos), três aulas dedicadas à unidade Previsão de Demanda, quatro para unidade MRP, outras quatro para Programação Detalhada da Produção, duas para Sistemas de Produção Puxada, uma aula dedicada à resolução de exercícios, três reservadas para as provas – duas provas e uma prova substitutiva – e uma última para revisão da segunda prova. No Quadro 25 encontra-se um resumo das atividades aula por aula, a quantidade de alunos que assistiram por turma e as estratégias de ensino empregadas.

A primeira aula é de apresentação da disciplina. É ministrada pelos dois professores e com todos os alunos em uma mesma sala. Na segunda aula, foi apresentada a sala da disciplina no Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA), já conhecido e utilizado pela grande maioria dos alunos. Foi também reapresentado o cronograma do módulo II. Aproveitando, e para que os alunos tenham ciência de como seria formada a nota final, foi exibido um *slide* (Figura 37) que explica esse ponto. Aqui já se encontra incorporada na ponderação a nota do caso didático.

Logo se tem o roteiro padrão já comentado: na primeira aula de uma unidade se apresenta o plano da unidade. A seguir são apresentados os conceitos mediante uso de projetor de *slides* e quadro branco por parte do professor. Durante a aula, incentiva-se a participação dos alunos mediante perguntas. Logo, ainda em sala de aula, é apresentado e resolvido um exercício sobre o tema. Este exemplo é sempre menor e menos complexo que o caso didático. Quando possível, podem ser apresentados e empregados softwares que ajudam na resolução de problemas. Na

última aula da unidade, é aplicada a avaliação continuada de aproximadamente dez minutos. São apresentados os últimos conceitos da unidade, e, se sobrar tempo, os alunos são liberados para começar a resolver a lista de exercícios ou o caso.

Quadro 25 – Diagrama das aulas – Disciplina PCP Módulo II

	Qtd.	Qtd.			
Aula	Alunos	Alunos	Unidade	Estratégia	Atividades
	T. 1	T. 2			
1	59 (turmas	-	Apresentação	Aula expositiva.	Explicação da importância do PCP. Apresentação dos professores, dos módulos e calendário da disciplina.
2	24	34	Previsão de Demanda	Aula expositiva. Debate.	Apres. do cronograma módulo II. Apres. AVA (4 unidades + uso do fórum). Apres. Plano de Unidade Previsão. Conceitos de Prev. de Demanda (slides)
3	23	26	Previsão de Demanda	Aula expositiva.	Apres. slides Prev. de Demanda. Exemplos em planilhas eletrônicas.
4	26	31	Previsão de Demanda	Prova escrita. Aula expositiva. Lista de exercícios.	Apres. do Caso Didático. Avaliação continuada Previsão. Resolução da lista de exercícios Previsão.
5	22	29	MRP	Aula expositiva.	Apres. gabarito avaliação. cont. Previsão. Apres. Plano Unidade MRP. Apres. Etapa 2 Est. Caso. Conceitos sobre MRP (slides).
6	23	25	MRP	Aula expositiva.	Apresentação slides MRP.
7	25	20	MRP	Trabalho escrito. Aula expositiva.	Apres. Etapa 3 Est. de Caso.  Exercício MRP - skate (feito em papel).  Apres. Simulador MRP com exemplo skate.  Apres. slides MRP.
8	25	23	MRP	Prova escrita. Aula expositiva. Lista exercícios.	Avaliação continuada MRP. Apres. Gabarito Etapa 1 Est. Caso. Resolução da lista de exercícios.
9			Prova 1		
10	22	18	Programação Detalhada da Produção (PDP)	Aula expositiva.	Apres. Gabarito Prova 1. Apresentação Plano Unidade PDP. Apres. slides PDP.
11	24	23	PDP	Aula expositiva.	Apres. slides PDP.
12	38 (turmas		PDP	Trabalho escrito. Aula expositiva.	Apres. simulador <i>Job Shop</i> .  Exerc. simulação regra FIFO (feito em papel).  Apres. simulador desenvolvido em Excel/VBA.  Apres. software Lekin.  Apres. modelos de Pesq. Operacional (slides).  Exemplo resolvido em solver 1 máquina.
13	13 (turmas juntas)		PDP	Prova escrita. Aula expositiva. Lista exercícios.	Avaliação continuada PDP. Gabarito avaliac. cont. PDP. Apres. gabarito Etapa 2 e 3 Est. Caso. Apres. Etapa 4 Est. de Caso. Resolução da lista de exercícios.
14	20	22	Produção Puxada	Aula expositiva.	Apres. slides Prod. Puxada.
15	19	18	Produção Puxada	Aula expositiva.	Apres. slides Prod. Puxada. Apres. Etapa 5 Est. de Caso.
16			Exercícios		Resolução de listas de exercícios.
17			Prova 2		
18			Revisão provas		
19			Prova substitutiva		

Houve duas aulas (n° 12 e 13) em que, por ausência de um dos professores, as turmas foram juntadas. Esta mudança também foi repetida em duas aulas do outro módulo da disciplina.

# **AVALIAÇÃO**

#### Critério

0,8 \* P + 0,2 \* E

P: média aritmética de 2 provas E: média das notas - atividades

## Ponderação das atividades no valor de E

	Fichamento	Lista	Caso Didático
Previsão de Demanda	0,1	0,5	0,4 - Etapa 1
Sistemas MRP		0,4	0,6 - Etapas 2 e 3
Programação da Produção		0,5	0,5 - Etapa 4
Sistema de Produção Puxada		0,5	0,5 - Etapa 5

Aprovação: média de aproveitamento superior a 5.0 e no mínimo 70% de frequência às aulas

Figura 37 – Novo criterio de aprovação para o Módulo II

Referente ao caso didático, na aula nº 4 o mesmo é introduzido. É empregada uma apresentação (Anexo E) que inclui uma descrição sucinta de cada etapa. Introduz-se também a fábrica de skates e os produtos que fabrica e vende. Para finalizar, informa-se quando cada etapa deve ser entregue (geralmente junto com a entrega de alguma das listas de exercícios) e explica-se a Etapa 1 (previsão de demanda).

Considerando a carga de trabalho para realizar fora do horário de aulas (listas – caso didático – outras exigências do Módulo I), foram disponibilizados para os alunos tanto o horário de consulta fora de aula do professor, como também por parte

do monitor a possibilidade de esclarecimento de dúvidas, tanto na sala de monitoria, quanto por troca de e-mails.

A carga de trabalho também teve que ser considerada na hora de definir as datas de entrega das listas de exercícios e etapas do caso (vide Quadro 26). Inicialmente foi pensado que as entregas seriam uma semana após a última aula da unidade. Isto foi respeitado para a unidade Previsão de Demanda. Já para as demais, os alunos solicitaram mais tempo para poder completar as tarefas, devido à alta carga de trabalho, não só desta disciplina (considerar que também tinham que realizar lista de exercícios do módulo I) senão das outras disciplinas do semestre. Por essa razão, para as próximas entregas procurou-se deixar duas semanas de prazo.

Quadro 26 – Cronograma de datas de entrega

		Entrega Caso Didático				
Unidade	Entrega Lista Exercícios	Etapa 1 - Previsão	Etapa 2 - MPS	Etapa 3 - MRP	Etapa 4 - PDP	Etapa 5 - Integração Sist.
Previsão de Demanda	1 semana após última aula Previsão	1 semana após última aula Previsão.				
MRP	2 semanas após última aula MRP		2 semanas após última aula MRP			
Programação Detalhada da Produção (PDP)	2 semanas após última aula PDP				2 semanas após última aula PDP	
Sist. de Produção Puxada (Pux)	2 semanas após última aula Pux					2 semanas após última aula Pux

Cabe destacar que como a Programação Mestra da Produção é apresentada dentro da unidade MRP, foi decidido que as entregas das Etapas 2 e 3 fossem entregues na mesma data. Já para a Etapa 5 (Integração dos sistemas), que não está diretamente relacionada com uma unidade específica, senão que integra MRP e APS, decidiu-se que a entrega ocorreria no mesmo dia que a entrega da última unidade do módulo (Produção Puxada). Isto para tentar não gerar confusão nos alunos com uma multiplicidade de datas, justo no final do semestre, época de entrega de trabalhos e provas de muitas disciplinas.

Como comentado anteriormente, as provas foram corrigidas pelos professores (dado o valor que elas têm na ponderação da nota final), enquanto as listas de exercícios e as etapas do caso didático seriam responsabilidade do monitor.

Para finalizar o módulo, foi solicitado aos alunos a gentileza de preencher o questionário descrito na seção 5.2.3.

Concluindo, todos os resultados decorrentes da aplicação prática foram tabulados em planilhas de cálculo, formando assim uma base de dados para avaliação da eficácia do plano de ensino proposto. Esta informação será apresentada no próximo capítulo.

# 7 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Finalizada a descrição do estudo de caso, continua-se pela discussão dos resultados obtidos. Inicialmente são expostas e analisadas as respostas do questionário enviado aos professores da disciplina PCP de Instituições de Ensino Superior (IES) brasileiras, para entender melhor o contexto onde esta pesquisa se insere.

## 7.1 PESQUISA COM PROFESSORES DE PCP DO BRASIL

Em adição ao presente estudo de caso, e para aprofundar esta discussão de resultados, foi elaborado um *survey* acerca das práticas de ensino empregadas nas disciplinas de PCP nos cursos de Engrenharia de Produção. O questionário pode ser visualizado no seu formato original no Anexo F. O público alvo são os professores desta disciplina nas IES que ministram esse curso. Foram consideradas tanto unidades públicas quanto privadas.

O questionário foi dividido em 4 partes, como apresentado no Quadro 27. Empregou-se a validação sugerida por Leedy (2000), apresentada no mesmo quadro.

Quadro 27 – Questionário para professores de PCP (continua)

Tópico	Pergunta	Qual é a razão para esta questão?	Tipo de questão			
			Múltipla escolha	Escala	Questão aberta	Como você espera relacionar esta questão com a pesquisa?
Identificação	1. Nome completo:	Identificar e caracterizar os respondentes.			Х	
	2. Curso / Instituição:				X	
	3. Endereço de e- mail:				Х	Não está diretamente relacionado.
	4. Titulação:		Χ			Trae oota anotamonto roladionado.
	5. Há quantos anos ministra a disciplina PCP?		Х			

Quadro 27 – Questionário para professores de PCP (conclusão)

	Pergunta	Qual é a razão para esta questão?	Tipo de questão				
Tópico			Múltipla escolha	Escala	Questão aberta	Como você espera relacionar esta questão com a pesquisa?	
Tópicos referentes à disciplina	6. Inclui o tópico Material Requirements Planning - MRP, nas suas aulas?	Saber se o respondente inclui nas suas aulas os tópicos MRP e Programação Finita e avaliar a importância que ele lhes dá.	Х			Definir se para os Professores de PCP os tópicos desta pesquisa são importantes.	
	7. Por favor, avalie a importância do tópico MRP na disciplina de PCP.			Х			
	8. Inclui o tópico Programação Finita (programação detalhada considerando capacidade finita dos recursos) nas suas aulas?		X				
	9. Por favor, avalie a importância do tópico Programação Finita na disciplina.			Х			
	10. Por favor, avalie a importância de diferenciar as abordagens MRP (capacidade infinita) e APS (capacidade finita).	Verificar importância.		Х		Verificar importância do problema de pesquisa.	
	11. Útiliza técnicas de simulação na disciplina?	Avaliar o grau de utilização de técnicas de simulação no ensino.		Х			
	12. Se utiliza, por favor, indique que técnicas emprega. 13. Em quais		Х			Entender se os respondentes usam técnicas empregadas nesta pesquisa e em que tópicos eles as empregam.	
	tópicos?		Х				
	14. Emprega estudos de caso na disciplina?			Х			
	15. Se emprega, por favor, indique que tipo de casos usa.		Х				
Estratégias de ensino	16. Em quais tópicos?		X				
de ensino	17. Avalie a seguinte frase: "O uso de estudos de caso com uso de software (aplicativos) contribuem para melhoria do aprendizado em PCP".	Verificar importância.		X		Saber a importância que os respondentes dão à solução desta pesquisa para o problema de pesquisa.	
	18. Se emprega estudos de caso com uso de software (aplicativos), favor relatar brevemente sua experiência.	Conhecimento.			х	Conhecer a experiência de outros professores na questão de pesquisa.	
Comentários	Sinta-se a vontade para realizar comentários, sugestões e críticas.	Outras opiniões dos respondentes não inclusas nas anteriores perguntas.			Х	Compilar outras informações que possam servir na resolução do problema de pesquisa.	

A primeira seção é a de identificação do respondente. Decidiu-se que o questionário não seria anônimo, primeiro para assegurar que uma mesma pessoa não responda duas vezes, e também porque foi prometido no e-mail convite que os resultados seriam divulgados entre os participantes. Obviamente os dados pessoais não são divulgados. A segunda seção inclui questões sobre o objeto desta pesquisa. Portanto, consulta-se sobre a inclusão e a importância dos temas tratados (MRP e APS). A terceira seção consulta sobre estratégias de ensino (casos e simulação). Para finalizar, foi inserida uma pergunta aberta caso o respondente quisesse realizar algum comentário, sugestões ou críticas.

A ferramenta escolhida para aplicar o questionário foi novamente o software *Google Drive*, empregado também no questionário enviado aos alunos da disciplina.

Referente ao envio e escolha dos respondentes, não foi possível contar com a colaboração da ABEPRO, o que certamente aumentaria o índice de respostas. Assim, foi realizado o seguinte procedimento para elaboração do cadastro dos respondentes: utilizando a lista de cursos de graduação em Enga. de Produção publicados no site da ABEPRO, foram procurados e-mails de contato para envio. Consideram-se válidos endereços de coordenadores do curso, secretárias e obviamente de professores de disciplinas de Planejamento e Controle da Produção. Para completar esta tarefa, o autor procurou em cada um dos sites publicados de cada IES algum endereço de e-mail de contato. Como resultado deste levantamento, dos 486 cursos listados e acessados, foram apontados 178 endereços para contato. O e-mail convite encontra-se no Anexo G. Nele foram inseridos duas alternativas de acesso ao questionário: um hiperlink fornecido pelo Google Drive, e um hiperlink que leva ao site da USP onde também podia ser acessado o link da Google (isto feito para dar mais credibilidade ao e-mail convite). O total de respostas coletadas foi de 53, alcançando uma taxa de retorno de quase 30%. A relação das IES dos respondentes encontra-se no Anexo G. Logo de receber uma resposta, era enviado para o participante um e-mail de agradecimento (ver também no Anexo G).

Começando a discussão, as perguntas 1 a 3 (nome completo, curso e endereço de e-mail) por ser informação confidencial não serão comentadas.

Para caracterizar os respondentes, na Figura 38 observa-se a sua titulação. A maior percentagem encontra-se entre professores Titulares e Assistentes.

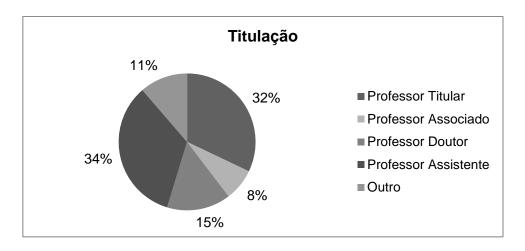


Figura 38 - Titulação dos respondentes

Completando, a Tabela 17 indica há quantos anos o professor ministra a disciplina. Não existe uma categoria dominante, no entanto pode-se disser que a maioria (68%) ministra há menos de cinco anos.

Tabela 17 – Quantidade de anos ensinando a disciplina PCP

5. Há quantos anos ministra a disciplina PCP?	Total	%
Menos de 2 anos	16	30%
Entre 2 e 5 anos	18	34%
Entre 5 e 10 anos	11	21%
Mais de 10 anos	8	15%
Total Geral	53	100%

As perguntas 6 a 10 avaliam se para os respondentes os tópicos MRP e Programação Finita da Produção são temas importantes para a disciplina. A pergunta 6 (Inclui o tópico MRP na sua disciplina) foi afirmativa em 100% dos casos. Consultados na pergunta 7 sobre a importância desse tópico na disciplina, em uma escala de 1 – Não importante, até 5 – Muito importante, 91% considerou o MRP um tema importante ou muito importante (Figura 39).

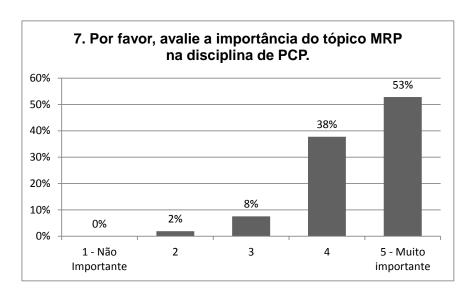


Figura 39 - Importância do MRP na disciplina

As mesmas perguntas foras realizadas para o tópico Programação Finita da Produção. A pergunta 8 questionava se este tópico está incluso nas aulas. 81% dos professores (43 respostas) declararam que incluem o assunto. Já na pergunta 9 (idêntica à pergunta 7), 72% respondeu que o tema é importante ou muito importante (Figura 40). Observa-se uma diminuição em comparação com o MRP, um tema mais conhecido da disciplina. Interessante é que o número de professores que não incluiu o assunto na disciplina é maior ao número de respostas dos menores valores da escala (10 contra 6 respostas). Dessas 6 respostas, só 3 correspondem aos mesmos professores que não incluem o tópico. Portanto, devem de existir outras razões para a não inclusão do tema, por exemplo, por falta de tempo.

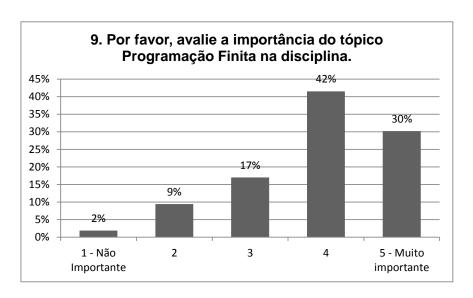


Figura 40 – Importância da PDP na disciplina

Finalmente, na pergunta 10 foi consultado a importância do problema de pesquisa deste trabalho. Como pode ser apreciado na Figura 41, uma alta percentagem (78%) dos professores consideram importante ou muito importante diferenciar as abordagens MRP e APS/PF.

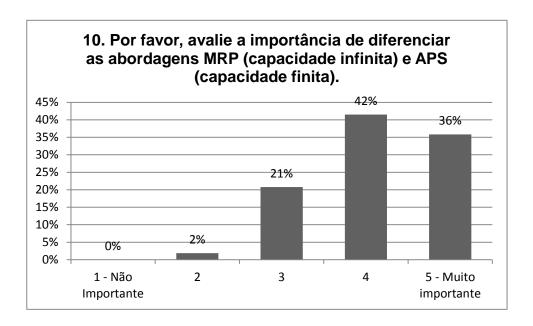


Figura 41 – Importancia de diferenciar as abordagens MRP e APS/PF

Pode-se concluir que o problema de pesquisa é considerado importante para uma quantidade considerável dos respondentes, o que confere relevância a este trabalho.

A terceira seção do questionário trata das estratégias de ensino. Inicialmente pensou-se em empregar algum tipo de simulação por computador em combinação com o caso didático. A ideia posteriormente não foi concretizada. No entanto, nesta seção perguntou-se aos professores se empregavam essa técnica. Os resultados podem ser visualizados nas Figuras 42 a 44. Nas últimas duas perguntas os respondentes podiam escolher mais de uma opção, por isso o total de respostas é maior que o número de respondentes.

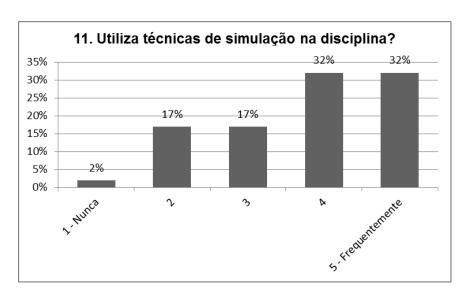


Figura 42 – Uso de simulação na disciplina PCP

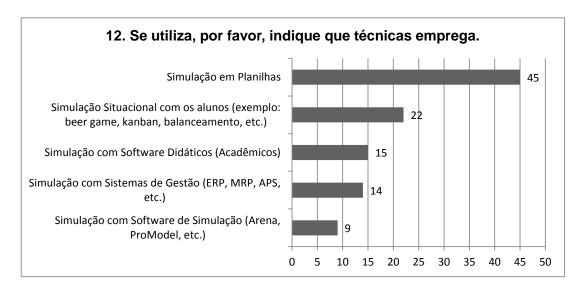


Figura 43 – Técnicas de simulação empregadas em PCP

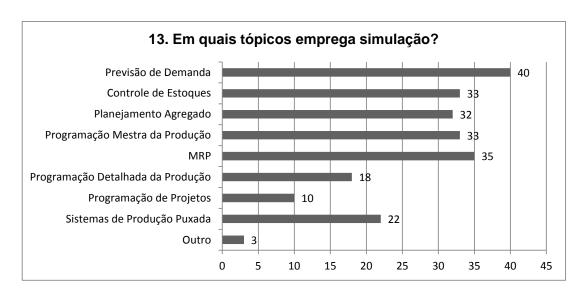


Figura 44 – Uso de simulação em PCP por temas

Pode-se concluir que a simulação computacional é uma técnica razoavelmente empregada (64% somados os valores 4 e 5 da escala). Pelo observado na Figura 43, a grande maioria utiliza simulação usando planilhas eletrônicas, seguido de situações simuladas. Geralmente esses tipos de simulações são as mais fáceis de implantar, devido à disponibilidade de recursos (praticamente toda instituição de ensino pode contar com computadores e um software de planilha de cálculo). Dentre os tópicos tradicionais da disciplina, a Figura 44 expõe que os mais ensinados usando simulação são Previsão de Demanda, MRP, Controle de Estoques e MPS. Os três temas incluso na opção "Outro" foram Teoria das restrições, Planejamento de Capacidade e PERT/CPM.

As próximas três questões (14 a 16), com resposta apresentadas nas Figuras 45 a 47, são equivalentes às anteriores, mas voltado ao uso de estudos de caso.

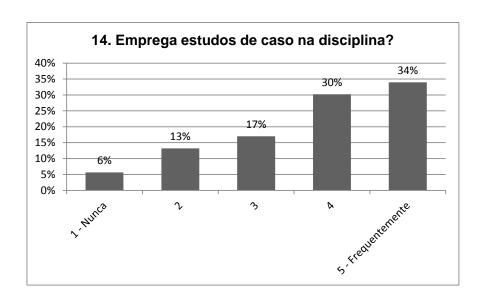


Figura 45 – Uso de casos na disciplina PCP

O uso de casos também obteve 64% entre os dois valores mais altos da escala, considerado um valor alto.

Na Figura 46 tem-se um empate no uso de casos didáticos (entendidos aqui como casos com dados fictícios) e casos reais encontrados na literatura. O valor descrito em outro foi "Indústria", presumivelmente seja um caso real empregado pelo respondente.

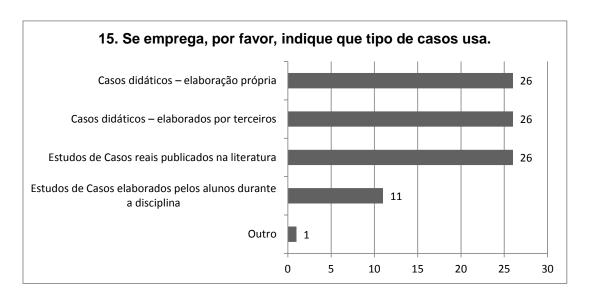


Figura 46 - Estudos de caso empregados em PCP

Observando a Figura 47, pode-se ver que no tema MRP o caso sim é muito empregado (37 de 53 respondentes o usam). Já o uso em Programação Detalhada o uso é menor, só 19 respondentes declararam emprega-lo. Espera-se que a publicação destes resultados provoque uma reflexão sobre o emprego de casos em PDP.

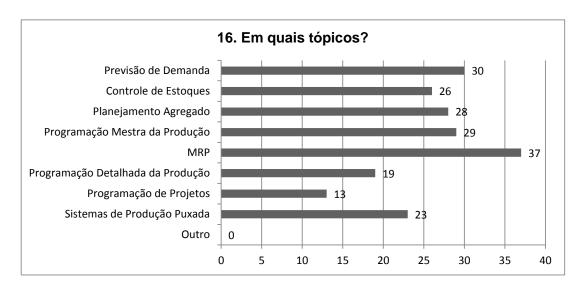


Figura 47 – Uso de casos em PCP por temas

Na penúltima pergunta desta seção (Figura 48), solicitou-se aos professores que sinalizem o grau de concordância com o uso de casos e aplicativos informáticos

na disciplina, obtendo uma alta percentagem – 85% – nos dos últimos valores da escala. Portanto, acredita-se que a estratégia de implantar um caso didático pode ser bem recebida e facilmente replicada.

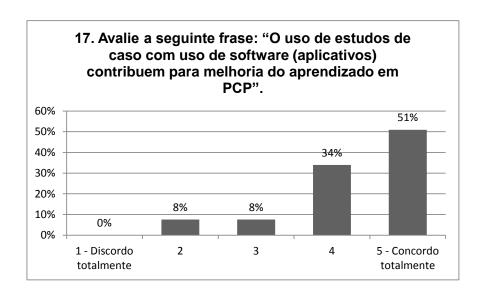


Figura 48 – Concordância com o uso de casos em PCP

Concluindo o questionário, foram inclusas duas perguntas abertas. A primeira, número 18 do *survey*, solicitava aos professores que empregam casos e simulação que comentassem brevemente a sua experiência. Ao total foram 11 respostas consideradas válidas. Um resumo por conceito chave pode ser observado no Quadro 28.

Quadro 28 – Resposta sobre experiência de uso de casos e softwares

Conceito	Quantidade de respostas
Uso de planilhas de cálculo	3
Uso de softwares acadêmicos	3
Caso de dimensões reduzidas + simulação	1
Caso real referente a atividades de consultoria	1
Caso próprio	1
Simulação situacional (uso de LEGOS) + módulos de SAP/R3	1
Uso de software comercial	1
Total	11

Para finalizar, a última questão também é aberta, e é nela onde os respondentes podem incluir comentários, críticas e sugestões. No Quadro 29 é apresentado um resumo das respostas.

Quadro 29 - Comentários, críticas e sugestões dos professores

Conceito	Quantidade de respostas
Dificuldade de acesso a software	3
Pouca valorização por parte da Coordenação	2
Poucos exemplos de casos em livros	2
Disponibilidade limitada de horas-aula para discutir casos	1
Uso de simulação para modelagem	1
Preferência pelo uso de planilhas de cálculo	1
Professor não achou software que atenda as suas expectativas	1
Total	11

Este questionário, sem pretender ser representativo da opinião de todos os professores da área, oferece indícios sobre a relevância do tema do presente trabalho. Pode-se inferir que o caso didático é uma estratégia de ensino a ser considerada. No entanto, existem riscos associados que o professor deve ter presente: o tempo de trabalho que vai consumir por parte dos alunos e as escolhas dos softwares de apoio são dois deles.

## 7.2 AVALIAÇÃO DO PLANO DE ENSINO

#### 7.2.1 Caso didático

O plano de ensino proposto nesta dissertação, que emprega um caso didático com uso de software, foi avaliado na sua primeira aplicação em uma turma de graduação de Engenharia de Produção. Por se tratar da primeira aplicação, fica evidente que podem ser aprimorados os materiais antes da aplicação em novas turmas. Um ponto específico da avaliação concerne à eficácia do plano quanto à

diferenciação entre as abordagens MRP e APS/PF para Programação Detalhada da Produção. A seguir, são apresentados os resultados da primeira aplicação das etapas do caso didático inclusas no plano de ensino e descritas nos planos das unidades. Para a resolução do caso didático, solicitou-se aos alunos que formassem grupos de três ou quatro pessoas (cinco com autorização do professor). No total, quinze grupos foram formados. Os alunos podiam formá-los ainda sendo de diferentes turmas.

Começando, cada etapa previa diferentes atividades (tipicamente duas ou três) e cada atividade com um peso diferente na avaliação da etapa correspondente. Por exemplo, na Etapa 4, 40% da nota correspondia à análise das programações geradas inicialmente pelo software, 30% à geração de uma nova solução pelos usuários, e os outros 30% à análise crítica do software empregado.

Para facilitar a análise, as notas finais das etapas foram condensadas na Tabela 18. Também são apresentadas as médias por grupo e por etapa.

Nota-se que alguns grupos podem ser considerados "outliers", dado que em algumas etapas obtiveram nota zero ou meio. Vale ressaltar que quem obteve nota zero é ou porque o grupo não entregou o relatório da etapa, ou porque foi detectado que os grupos "colaram", caso dos grupos 6 e 13 na Etapa 4.

Tabela 18 – Notas Caso Didático por grupo

Grupo	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5	Média por grupo
1	7,5	8,0	9,3	0,0	7,3	6,4
2	0,0	5,8	4,3	0,0	0,0	2,0
3	8,5	7,0	7,0	9,3	7,5	7,9
4	8,9	6,3	5,0	10,0	7,5	7,5
5	4,5	5,8	3,3	8,3	0,0	4,4
6	3,0	5,8	1,3	0,0	0,0	2,0
7	6,1	7,0	3,5	4,3	5,8	5,3
8	0,5	5,8	1,3	5,0	7,0	3,9
9	0,5	5,5	6,0	5,3	6,3	4,7
10	8,8	10,0	8,5	6,3	7,0	8,1
11	6,3	5,8	5,8	0,0	6,8	4,9
12	5,9	6,5	5,5	5,3	6,5	5,9
13	3,7	6,3	0,0	0,0	6,3	3,2
14	5,3	7,5	6,0	9,3	7,8	7,2
15	5,5	7,0	4,3	10,0	8,3	7,0
Média por Etapa	5,0	6,7	4,7	4,9	5,6	5,4

Entre as razões que podem explicar as baixas notas de alguns grupos nas etapas do caso didático encontram-se a alta carga de trabalho do semestre (não apenas na disciplina em questão), o pouco peso do caso na nota final da disciplina ou o desinteresse por parte dos alunos por resolver as etapas (exemplo disto foi que quando o professor deixava um tempo no final da aula para resolução da lista ou do caso, poucos grupos permaneciam). Mais indícios poderão ser encontrados nas respostas dos alunos ao questionário (seção 7.3).

Excluindo os grupos com nota zero ou meio em alguma etapa do processo, obtem-se os resultados apresentados na Tabela 19.

						ı
Grupo	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5	Média por grupo
3	8,5	7,0	7,0	9,3	7,5	7,9
4	8,9	6,3	5,0	10,0	7,5	7,5
7	6,1	7,0	3,5	4,3	5,8	5,3
10	8,8	10,0	8,5	6,3	7,0	8,1
12	5,9	6,5	5,5	5,3	6,5	5,9
14	5,3	7,5	6,0	9,3	7,8	7,2
15	5,5	7,0	4,3	10,0	8,3	7,0
Média por Etapa	7,0	7,3	5,7	7,8	7,2	7,0

Tabela 19 – Notas Caso Didático por grupo – sem *outliers* 

Obteve-se uma média de notas razoável, sendo que o melhor grupo obteve uma média de 8,1 pontos, e o pior considerado, de 5,9.

A Figura 49 oferece um gráfico de *boxplot* dos valores das notas por etapas.



Figura 49 – Boxplot das notas por etapa

Na Etapa 1, a mediana encontra-se perto do valor 6, no entanto, os menores valores não foram menores a 5. Na Etapa 2, as notas ficaram perto do valor 7, sendo que um grupo obteve nota 10. A Etapa 3 foi a de pior desempenho, com uma distribuição simétrica em torno de 5,5. Especificamente, as baixas notas encontramse nas atividades de avaliação tanto da solução gerada pelo sistema MRP quanto do software empregado. Ao contrário, a Etapa 4 foi a de melhores notas, com uma mediana de 9,3. No entanto, também foi a de maior variância, já que dois grupos obtiveram notas inferiores a 6. Finalizando, a Etapa 5 foi a segunda melhor, com pouca variância e uma mediana de 7,5.

Como a Etapa 5 foca no problema de pesquisa (diferenciar as abordagens MRP e APS/PF), pode-se inferir, das notas obtidas, que os grupos que resolveram o caso alcançaram um nível de conhecimento aceitável.

No final da disciplina, foi aplicado um questionário de avaliação com perguntas exclusivamente sobre o módulo II (Anexo C). Na seção seguinte encontram-se os resultados desta avaliação.

#### 7.2.2 Pesquisa com alunos da disciplina

Apresentada já no ponto 5.2.3, este questionário tem como objetivo conhecer a opinião dos alunos sobre diferentes aspectos do módulo II.

O survey foi dividido em quatro seções. A primeira seção identifica o respondente. Obtiveram-se 28 repostas de um total de 79 alunos. 18 foram alunos da turma 1, e 10 da turma 2. Só um estudante de intercâmbio respondeu o questionário, os demais são alunos da própria instituição. Um único aluno já havia cursado a disciplina em anos anteriores. Concluindo, 22 são homens e 6, mulheres.

A distribuição por grupos observa-se a Figura 50: todos os integrantes do Grupo 1 responderam; dos grupos 4, 8 e 9 três alunos preencheram o *survey*. Em cinco grupos foram 2 os respondentes. Do grupo 2 nenhum aluno respondeu. Dos restantes grupos apenas um participou da pesquisa.

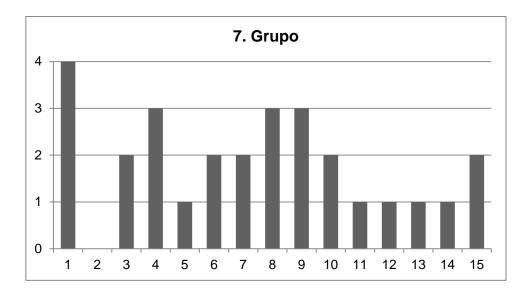


Figura 50 – Quantidade de respondentes por grupo

A segunda seção do questionário refere-se à autoavaliação. Observa-se na Figura 51 que 46% afirmam ter ido regularmente às aulas, enquanto apenas 11% escolheram os valores mais baixos (1 e 2).

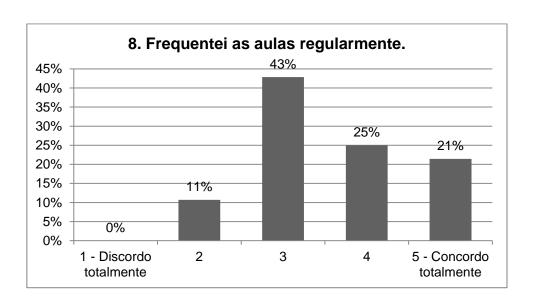


Figura 51 – Autoavaliação: frequencia de asistência às aulas

A segunda questão (Figura 52) diz respeito à opinião sobre a participação na resolução das Listas de Exercícios. Aqui, 68% se posicionarão entre os valores 4 e 5. Um valor maior ao obtido na questão seguinte (Figura 53), sobre a resolução do caso didático: 54%. Seria desejável valores próximos nessas questões: desse jeito,

o aluno entenderia que participou em todas as atividades, sem desmerecer nenhuma delas.

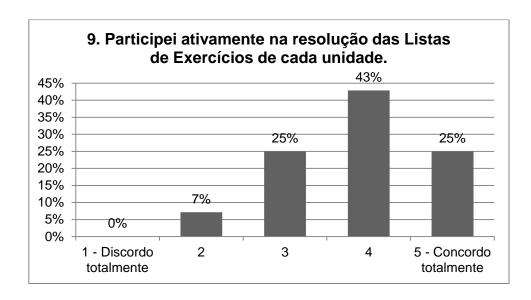


Figura 52 – Autoavaliação: participação na resolução das Listas de Exercícios

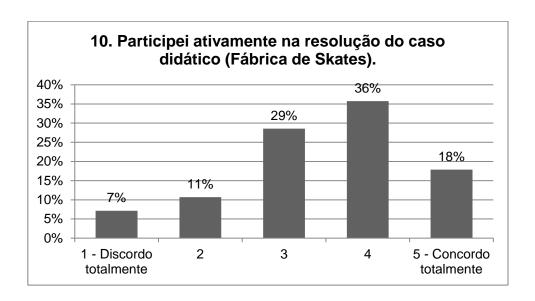


Figura 53 – Autoavaliação: participação na resolução do Caso Didático

Quando consultados sobre a preparação e o desempenho nas provas (Figuras 54 e 55), é interessante que os alunos consideraram que se preparam bem (86% nos valores maiores), mas não obtiveram um bom desempenho: a maioria – 57% – escolheu o valor médio da escala. Isto pode refletir um desapontamento ou na nota, ou na percepção que eles tiveram sobre o nível de preparação.

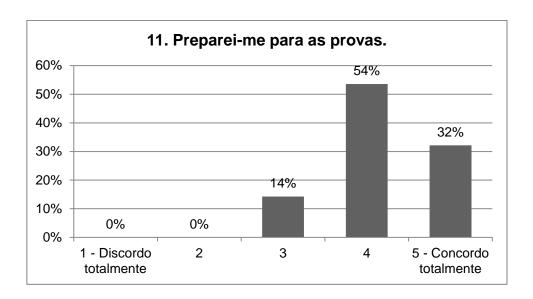


Figura 54 - Autoavaliação: preparação para as provas

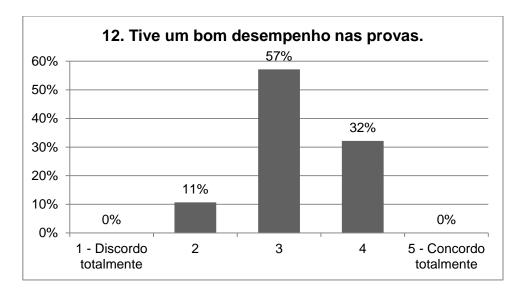


Figura 55 – Autoavaliação: desempenho nas provas

Já na terceira seção, foi solicitado aos alunos que avaliem em uma escala de 0 a 5 os distintos recursos empregados no módulo II da disciplina desde o ponto de vista da importância que eles têm para o processo de ensino-aprendizagem. Os resultados encontram-se na Figura 56.

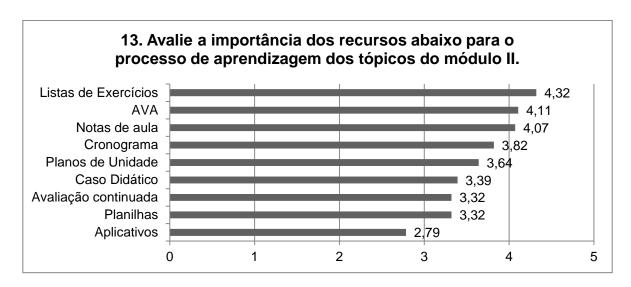


Figura 56 – Avaliação dos recursos usados na disciplina

Nos primeiros três lugares, encontram-se recursos clássicos usados na disciplina. Entende-se aqui que as listas, o AVA e as notas de aula são a base da disciplina: apostilas e listas são usadas intensamente para estudar para as provas, enquanto o AVA é uma poderosa ferramenta de comunicação entre professor e alunos. Seguido deles posicionaram-se o cronograma (útil para o planejamento do semestre – provas, entrega de listas, etc.) e os planos das unidades (novo recurso, felizmente bem avaliado).

O foco deste trabalho, o Caso Didático, vem a continuação. A avaliação dele pode ser considerada boa, já que obteve um valor acima da média (3,39). Nesse caso, 53% por alunos avaliaram com 4 ou 5 o recurso, 25% deu o valor 3, 14% o valor 2, e só 7% (dois alunos) avaliaram ele com o pior valor da escala. Espera-se que em novas aplicações com aprimoramento do caso esse valor suba.

Por último, nos três últimos lugares encontraram-se as avaliações continuadas, e as planilhas e aplicativos usados tanto nas salas de aulas como no caso. Importante é destacar que nenhum recurso avaliado obteve uma nota menor à média da escala.

Continuando, perguntou-se aos alunos a percepção deles sobre o problema de pesquisa deste trabalho: entender as diferenças entre as abordagens MRP e APS para Programação da Produção. A Figura 57 expõe o resultado: 82% escolheram os maiores valores da escala, e nenhum deles escolheu os menores

valores. Entende-se que a maioria dos respondentes acredita ter entendido o assunto.

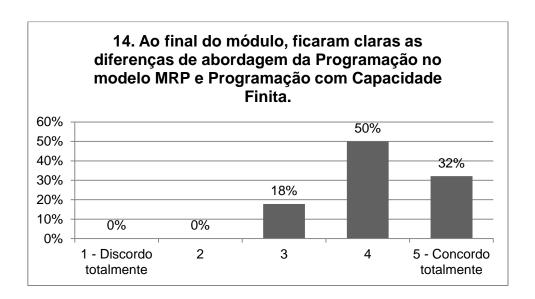


Figura 57 - Percepção sobre o problema de pesquisa

Aproveitando, questionou-se aos alunos se o caso didático facilitou a aprendizagem sobre esse assunto (Figura 58).

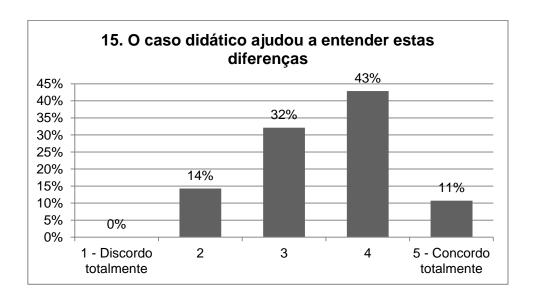


Figura 58 – Percepção sobre a utilidade do caso didático

Neste ponto, o resultado é positivo, já que mais da metade dos respondentes atribuiu os máximos valores da escala. Incluindo o valor 3, essa percentagem sobe

até 86%. Pode-se inferir que a maioria dos respondentes acredita que o caso didático sim ajuda a melhorar a eficácia no aprendizado das diferenças. Igualmente, em futuras aplicações pretende-se que esses valores aumentem. Como ponto de alerta, deve-se ter presente que as notas não tiveram um desempenho bom.

Para finalizar, na quarta seção do *survey* foi colocada uma pergunta aberta, onde os alunos puderam se expressar através de comentários, críticas e sugestões. As respostas foram analisadas e tabuladas no Quadro 30.

Quadro 30 – Comentários, críticas e sugestões dos alunos

Conceito	Qtd. de respostas
Crítica: baixa ponderação da nota do caso didático	4
Revisar em sala de aula alguns conceitos usados no caso didático	1
Resolução individual do caso didático	1
Proposta: projetos escolhidos pelos próprios alunos	1
Disciplina deveria focar mais na parte prática	1
Disciplina bem ministrada – bom equilíbrio entre teoria e prática	1
Falta de uma referência teórica principal	1
Crítica à divisão em 2 módulos da disciplina - alta carga de trabalho	1
Total	11

Vários pontos interessantes podem ser destacados:

Existe uma crítica que se repetiu em quatro respostas, questionando o baixo valor do caso didático na nota final da disciplina. Isto também foi comentado por vários alunos ao autor deste trabalho no seu papel de monitor do módulo II. Considerando a disciplina completa e a ponderação do caso, aproximadamente ele representa cerca de 5% da nota final da disciplina. Possivelmente esta seja a razão das baixas notas nas etapas do caso. Alguns alunos comentaram que preferiam realizar as listas de exercícios, já que acreditavam que isto os prepararia melhor para as provas.

Outra crítica ao caso didático foi que alguns conceitos não são explicados em sala de aula (como exemplo citou-se a determinação das constantes de suavização em métodos de previsão de demanda). Neste ponto, cabe ressaltar novamente que em um caso didático não todas as informações estão disponíveis, com isto, obriga-

se aos alunos a tomar decisões, emulando o que vai acontecer com eles na sua vida profissional.

Sugestões como a resolução individual do caso podem ser atendidas segundo a vontade do professor que ministra a disciplina. A sugestão de empregar projetos escolhidos pelos próprios alunos para aplicar os conhecimentos adquiridos na disciplina pode ser considerado outro recurso para aprendizagem. No entanto, o autor acredita que existe um risco de que não todos os alunos possam ter contatos em empresas para elaboração dos projetos.

Têm-se também outras críticas referentes à disciplina em si, que neste trabalho não serão discutidas. Interessante, porém, é a última crítica, que diz sob a alta carga de trabalho. O autor também ouviu por parte dos alunos durante o semestre essa questão, argumentando eles que as disciplinas do semestre tem muitas atividades. Especialmente a disciplina PCP, já que por ela estar dividida em dois módulos, os alunos acreditam que a carga de trabalho "dobra". Juntando esta crítica com a sensação da baixa ponderação do caso didático na nota final, pode ser explicada a baixa qualidade de alguns trabalhos, refletindo isto nas notas das etapas do caso didático.

### **8 CONCLUSÕES**

Nesta pesquisa, trabalhou-se com o ensino de duas abordagens para Programação Detalhada da Produção, denominadas MRP e APS/PF respectivamente. Para isto, foi proposto um plano de ensino que inclui novos recursos: planos, avaliações das unidades e principalmente o uso de um caso didático. Todo o trabalho desenvolveu-se em uma turma da disciplina de PCP de um curso superior em Engenharia de Produção. Foram detalhados todos esses recursos e apresentados os resultados da primeira aplicação em sala de aula. Com isto, deuse um primeiro passo no uso do caso didático para aprimorar a aprendizagem das questões apontadas nesta pesquisa.

O foco manteve-se no caso didático, no entanto, o mesmo se inseriu em um trabalho do planejamento de ensino, que procura potencializar a aprendizagem dos alunos, objetivo principal de qualquer instituição de ensino. Uma contribuição deste trabalho refere-se à descrição dos planos desenvolvidos, incluindo todos os seus componentes: identificação – objetivos – conteúdo – estratégias – avaliação. Neste ponto, o presente trabalho oferece uma referência para elaboração de planos de estudo para a disciplina, presente na maioria dos cursos de graduação em Engenharia de Produção.

Voltando ao caso, tentou-se seguir as recomendações discutidas no capítulo 2. Assim, por exemplo, aplicou-se o ciclo completo de aprendizagem iniciado por Kolb e adaptado para Engenharia por Belhot (seção 2.1.3). Neste sentido, e para os assuntos MRP e APS, o ciclo começa pelas abordagens Prospectiva e Formativa, contextualizando os conceitos (origem e desenvolvimento) e definindo-os, tudo isto em sala de aula mediante aulas expositivas, e indicando leituras para aprofundamento dos temas. Continua-se pela abordagem Prescritiva, onde a teoria e a prática se juntam; isto por meio de exemplos apresentados em sala de aula e todas as atividades fora dela (incluindo aqui as listas de exercícios). A novidade é a inclusão da abordagem Construtiva com o caso didático. Aqui, os alunos são expostos a situações abertas, onde devem aplicar tanto o conhecimento adquirido na disciplina, quanto o discernimento na hora de tomar decisões (por exemplo,

assumindo premissas sobre informações que não se encontram disponíveis). O computador, mediante softwares que simulam programas empregados nas empresas reais, converte-se em um facilitador para a tomada de decisão.

Considerando o modelo de Felder – Silverman (1988), o caso didático aborda vários dos pontos indicados pelos autores para lidar com todos os estilos de aprendizagem. Dentre eles, destacam-se o relacionamento entre os temas (MRP e APS), equilíbrio entre teoria e prática, emprego do computador, uso de problemas abertos que estimulem a análise e síntese, trabalho em grupo e fora de aula.

Outras contribuições que podem ser apontadas são as descrições detalhadas do caso em sua primeira aplicação. Referente ao caso didático, são descritas todas as etapas que o conformam e os recursos necessários para aplicá-lo. Além de que todo o material encontra-se nos Anexos deste trabalho. Referente à primeira aplicação, descreve-se não apenas como ele foi apresentado aos alunos, senão também o contexto onde o mesmo se insere, i.e., todas as atividades programadas para o módulo II da disciplina PCP. Ainda, foram inclusos os resultados desta primeira aplicação. Todas estas atividades contribuem para a reaplicação do caso (confiabilidade), dando continuidade ao seu desenvolvimento.

Passando às limitações deste trabalho, logicamente a principal delas é ter sido aplicado uma única vez o plano de ensino com caso didático, não permitindo a comparação dos resultados. Como dito anteriormente, para diminuir o impacto desta limitação, tentou-se explicar com o maior grau de detalhe possível tanto o desenho do caso, quanto o contexto da aplicação. Desse modo, simplifica-se a tarefa de replicar o caso, obtendo assim novas informações para análise da eficácia do mesmo.

Outra limitação encontra-se no fato do autor do trabalho ter desempenhado o papel de monitor da disciplina. Isto pode ter enviesado algumas das observações.

Associada à aplicação única do caso didático, encontra-se a limitação da não possibilidade de revisão e correção de dois assuntos que foram apontados pelos alunos: a ponderação do caso na nota final e a elevada carga de trabalho. Em futuras aplicações esses pontos deveram ser analisados mais em detalhe, para decidir se realmente o esforço para resolver o caso merece um reconhecimento

maior. No entanto, vale destacar que das respostas do questionário de avaliação discente pode se inferir que os alunos indicaram ter entendido as diferenças das abordagens MRP e APS, e que o caso didático ajudou nesse entendimento.

Esta primeira experiência também deixou várias aprendizagens: o professor que pretenda implantar um caso didático, deverá lidar com questões de planejamento, como ser: definição das atividades que os seus alunos deveram resolver além do caso; revisão de alternativas aos softwares aqui empregados (neste ponto, vale destacar que a narrativa e a resolução do caso são independentes dos programas que o professor escolha para trabalhar); e ponderação que cada componente da nota final vai ter. Outras escolhas que poderão ser feitas são: decisão sobre se o caso será avaliado separadamente de outros recursos, ou, como neste trabalho, as etapas formaram parte cada uma de uma unidade; e escolher entre realizar em grupo ou deixar a possibilidade de que cada aluno resolva o caso.

Existem vários desdobramentos para este trabalho: esta primeira aplicação foi realizada em um curso de graduação em de Engenharia de Produção. No entanto, poderia ser aplicado em diferentes cursos, como ser Administração de Empresas, ou mesmo em outras Engenharias. Também, é possível aplicá-lo em cursos em nível de pós-graduação, como mestrados, doutorados e MBA's.

Além disso, e dada a inter-relação entre os temas da disciplina PCP, o caso poderia incluir mais etapas, avançando em temas como Controle de Estoques e Sistemas de Produção Puxada. Ao momento de escrever este trabalho, iniciaram-se contatos para simular os ambientes das empresas do caso em um importante e conhecido sistema ERP, sendo ele um software do tipo *livre*. Isto leva ao caso a um novo grau de realismo, empregando *softwares* que empresas reais usam, oferecendo aos alunos uma experiência mais próxima da realidade.

Por último, interessante seria aplicar novamente o caso na mesma disciplina usada neste trabalho, para poder assim realizar uma pesquisa longitudinal, obtendo mais evidências para testar a hipótese de pesquisa sobre a eficácia do caso didático.

Fechando o trabalho, pode-se confirmar que os objetivos planejados foram alcançados. Desenvolveu-se um plano de ensino e os materiais de suporte que abordam o problema de pesquisa. Estes foram descritos em detalhe, assim como a aplicação na turma de graduação. Foram apresentados e discutidos os resultados, permitindo chegar à conclusão que essas ferramentas ajudam sim na aprendizagem das abordagens MRP e APS/PF e na diferenciação delas, quando usadas em Programação Detalhada da Produção.

## REFERÊNCIAS

ABREU, M. C.; MASETTO, M. T. **O Professor Universitário em aula.** São Paulo: MG Editores Associados, 1990.

ARAUJO, E. M. **Design instrucional de uma disciplina de pós-graduação em Engenharia de Produção:** uma proposta baseada em estratégias de aprendizagem colaborativa em ambiente virtual. 2009. 217 f. Dissertação (Mestrado) — Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2009.

ARNOLD, J. R. T. **Introduction to Materials Management.** 3rd ed. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, 1998.

ATOLAGBE, T.; HLUPIC, V.; TAYLOR, S. J. E. GeNisa: a web-based interactive learning environment for teaching simulation modeling. In: PROCEEDINGS OF THE 2001 WINTER SIMULATION CONFERENCE, 33., 2001, Arlington. Disponível em: <a href="http://www.informs-sim.org/wsc01papers/220.PDF">http://www.informs-sim.org/wsc01papers/220.PDF</a>>. Acesso em: 01 Set. 2010.

Associação Brasileira de Engenharia de Produção - ABEPRO. **Cursos de Graduação em Engenharia de Produção.** Disponível em: <a href="http://www.abepro.org.br/interna.asp?p=952&m=673&ss=1&c=399">http://www.abepro.org.br/interna.asp?p=952&m=673&ss=1&c=399</a>>. Acesso em: 06 Jan. 2012.

Associação Brasileira de Engenharia de Produção - ABEPRO. Laboratórios recomendados para o curso de Engenharia de Produção. Disponível em: <a href="http://www.abepro.org.br/arquivos/websites/1/Labs.pdf">http://www.abepro.org.br/arquivos/websites/1/Labs.pdf</a>>. Acesso em: 04 Set. 2010.

Associação Brasileira de Engenharia de Produção - ABEPRO. **Tabela de áreas da Engenharia de Produção.** Disponível em: <a href="http://www.abepro.org.br/arquivos/websites/1/%C3%81reas%20da%20Engenharia">http://www.abepro.org.br/arquivos/websites/1/%C3%81reas%20da%20Engenharia %20de%20Produ%C3%A7%C3%A3o.pdf</a>>. Acesso em: 04 Set. 2010.

BAKER, K. **Elements of sequencing and scheduling.** Hanover, N.H.: K.R. Baker, 1997.

BARROS, L. G. ERP 2009. Disponível em: < <a href="http://www.lbarros.com.br/artigos/ERP-2009.pdf">http://www.lbarros.com.br/artigos/ERP-2009.pdf</a>>. Acesso em: 20 Jan. 2011.

BELHOT, R. V. **Reflexões e propostas sobre o "ensinar Engenharia" para o século XXI.** 1997. 116 f. Tese (livre docência) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1997.

BILLINGTON, P. J.; McCLAIN, J. O.; THOMAS, L. J. Mathematical programming approaches to capacity-constrained MRP system: review, formulation and problem reduction. **Management Science**, v. 29, n. 10, 1983.

BLACKSTONE JR, J. H. & COX III, J. F. **APICS Dictionary.** 11th ed. Alexandria, VA: APICS, 2005.

BRASIL. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Divisão de Biblioteca. **Diretrizes para apresentação de dissertações e teses.** 3. ed. São Paulo, 2006. 103 p.

BRODBECK, H. J. et al. Configuração de um processo de seleção, aquisição e implementação de ERP considerando os grupos sociais envolvidos. **Revista eletrônica de Sistemas de Informação.** v. 9, n. 1, artigo 2, 2010.

CAVELLUCCI, L. C. B. **Estilos de Aprendizagem**: em busca das diferenças individuais. 2006. Disponível em: <a href="http://www.faculdadebarretos.edu.br/v3/faculdade/imagens/nucleo-apoio-docente/ESTILOS%20DE%20APRENDIZAGEM%202.pdf">http://www.faculdadebarretos.edu.br/v3/faculdade/imagens/nucleo-apoio-docente/ESTILOS%20DE%20APRENDIZAGEM%202.pdf</a> >. Acesso em: 12 Out. 2011.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia Científica**: para uso dos estudantes universitários. 3. ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1983.

CHASE, R. B.; JACOBS, F. R.; AQUILANO, N. J. **Administração da produção para a vantagem competitiva.** 10. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

CINTRA, C.A. **Reinventando a aula expositiva.** São Carlos: Editora Compacta, 2012.

CORRÊA H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON M. Planejamento, Programação e Controle da Produção. MRP II / ERP: conceitos, uso e implantação. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações. Manufatura e serviços:** uma abordagem estratégica. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

CRUZ, J. M. O. Processo de ensino-aprendizagem na sociedade da informação. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 29, n. 105, p. 1023-1042, 2008.

DAVIS, M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B. **Fundamentos de Dirección de Operaciones.** 3. ed. España: McGraw-Hill / Interamericana de España, S.A.U., 2001.

DAVIS, C.; WILCOCK, E. Teaching Materials using Case Studies. **UK Centre for Materials Education.** Disponível em:

<a href="http://www.materials.ac.uk/guides/casestudies.asp">http://www.materials.ac.uk/guides/casestudies.asp</a>>. Acesso em: 26 Out. 2012.

DUMOND, E. J. Understanding and using the capabilities of finite scheduling. **Industrial Management & Data Systems.** v. 105, n. 4, p. 506-526, 2005.

EISENHARDT, K. M. Building Theories from Case Study Research. **The Academy of Management Review.** v. 14, n. 4, p. 532-550, 1989.

FELDER, R. M.; BRENT, R. Understanding Student Differences. **Journal of Engineering Education**, v. 94, n. 1, p. 57-72, 2005.

FELDER, R. M.; SILVERMAN, L. K. Learning and Teaching Styles in Engineering Education. **Engineering Education**, v. 78, n. 7, p. 674-681, 1988.

FERRAZ, A. P. C. M.; BELHOT, R. V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. **Gestão & Produção,** v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010.

FERREIRA, B.S. **Os sistemas que fazem o que outros prometiam.** Disponível em: <a href="http://www.tecmaran.com.br/artigo-aps-bruno-ferreira.html">http://www.tecmaran.com.br/artigo-aps-bruno-ferreira.html</a>>. Acesso em: 23 Fev. 2011.

Free Software Foundation. **Definição de Software Livre.** Disponível em: <a href="http://www.gnu.org/philosophy/free-sw.html">http://www.gnu.org/philosophy/free-sw.html</a> >. Acesso em: 20 Nov. 2012.

FREUND, J. E.; SIMON, G. A. **Estatística Aplicada: Economia, Administração e Contabilidade.** 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2000.

GARDNER, H. Estruturas da mente: a Teoria das Inteligências Múltiplas. Porto Alegre: Artes Medicas Sul, 1994.

GIACON, E. & MESQUITA, M. A. Levantamento das práticas de programação detalhada da produção: um *survey* na indústria paulista. **Gestão & Produção**, v. 18, n. 3, p. 487-498, 2011.

GIL, A. C. Como elaborar Projetos de Pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIROTTI, L. J.; MESQUITA, M. A. Uma análise comparativa das abordagens MRP e APS para Programação detalhada da produção. In: **Anais do XIV SIMPOI**, Ago. 2011, São Paulo, SP.

GIROTTI, L. J.; NISHIMURA, V. S.; MESQUITA, M. A. Simulação em planilhas para programação de ordens de produção em sistemas job shop. In: **Anais do XXXI ENEGEP**, Out. 2011, Belo Horizonte, MG.

GRAHAM, A. Como escrever e usar estudos de caso para ensino e aprendizagem no setor público. Brasília: ENAP, 2010.

GRAVES, S. C. A Review of production Scheduling. Operations Research, 1981.

HAIR, J. F. Jr. *et al.* Fundamentos de Métodos de Pesquisa em Administração. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HARRIS, B.; LEWIS, F.; COOK, D. J. A matrix formulation for integrating assembly trees and manufacturing resource planning with capacity constraints. **Journal of Intelligent Manufacturing,** v. 13, n. 4, p. 239-252, 2002.

HARRISON, P. K.; PETTY, D. J. **Systems for Planning and Control in Manufacturing.** Oxford: Elsevier Science, 2002.

HERRMANN, J. W. A history of decision-making tools for production scheduling. **2005 Multidisciplinary International Scheduling Conference: Theory and Applications.** New York, July 18-21, 2005.

HERRMANN, J. W. **Handbook of Production Scheduling.** New York: Springer, 2006.

HO, L. T.; LIN, G. C. I. Critical success factor framework for the implementation of integrated-enterprise systems in the manufacturing environment. **International Journal of Production Research**, v. 42, n. 17, p. 3731-3742, 2004.

HOPP, W. J.; SPEARMAN, M. L. Factory Physics: foundations of manufacturing management. 3rd ed. New York: McGraw-Hill/Irwin, 2008.

JACOBS, F. R.; WESTON Jr, F. C. Enterprise resource planning (ERP) – A brief history. **Journal of Operation Management,** v. 25, p. 357-363, 2007.

JDA SOFTWARE GROUP. Software de gestão. Disponível em: <a href="http://www.jda.com">http://www.jda.com</a>. Acesso em: 2 Mar. 2011.

KOLB, D. A. Experiential learning: experience as the source of learning and development. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1984.

KUMAR, S.; MEADE, D. Has MRP run its course? A review of contemporary developments in planning systems. **Industrial Management & Data Systems**, v. 102, Issue 8, p. 453-462, 2002.

LANGENWALTER, G. A. Enterprise Resources Planning and Beyond: Integrating Your Entire Organization. Boca Raton, Florida: CRC Press LLC, 2000.

LAURINDO, F.J.B., *et al.* Selecionando uma aplicação de tecnologia da informação com enfoque na eficácia: um estudo de caso de um sistema para PCP. **Gestão & Produção**, v. 9, n. 3, p. 377-396, 2002.

LAYDEN, J. Na Introduction to Supply Chain Management. In: Zandin, K. B. **Maynard's Industrial Engineering Handbook.** 5th ed. New York: McGraw-Hill, 2001.

LEEDY, P.D. **Practical Research: planning and design.** 7nd ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2000.

LEKIN. Software académico de Programação da Produção. Disponível em: <a href="http://community.stern.nyu.edu/om/software/lekin/">http://community.stern.nyu.edu/om/software/lekin/</a>>. Acceso em: 10 de Outubro de 2010.

LIBII, J.N. Learning Efficacy in Engineering: Translating the Results of Research on Teaching and Learning into Classroom Practice. **Global Journal of Engineering Education**, v. 11, n. 1, p. 7-14, 2007.

LINTER. Software de gestão. Disponível em: < <a href="http://www.linter.com.br/lang/pt-br">http://www.linter.com.br/lang/pt-br</a>>. Acesso em: 2 Mar. 2011.

LIU, W. et al. APS, ERP and MES systems integration for Semiconductor Backend Assembly. In: **7th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision**, Dez. 2002, Singapore.

LOGILITY. Software de gestão. Disponível em: < <a href="http://www.logility.com">http://www.logility.com</a>>. Acesso em: 2 Mar. 2011.

LOPES GUERRA, J. H. Utilização do computador no processo de ensinoaprendizagem: uma aplicação em Planejamento e Controle da Produção. 2000. 159 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2000.

LUCA, S. L. El docente y las inteligencias múltiples. **Revista Iberoamericana de Educación.**Disponível em: < <a href="http://www.educativo.utalca.cl/medios/educativo/articulosydoc/docente\_multiples.pdf">http://www.educativo.utalca.cl/medios/educativo/articulosydoc/docente\_multiples.pdf</a> >. Acesso em: 2 Out. 2011.

LUSTOSA, L. *et al.* **Planejamento e Controle da Produção.** Rio de Janeiro: Elsevier: Campus, 2008.

MABERT, V. A. The early road to Material Requirements Planning. **Journal of Operations Management.** v. 25, n. 2, p. 346-356, 2007.

MALMSTROM, C. An Integrated Approach to Planning and Scheduling at Philips Semiconductors. In: **IEEE International Symposium on Semiconductor Manufacturing Conference Proceedings**, 1997, San Francisco, CA.

MARTINS, R. A. Abordagens Quantitativa e Qualitativa. In: MIGUEL, P. A. C. (coordenador). **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

McCLELLAN, M. Introduction to Manufacturing Execution Systems. In: **MES Conference & Exposition**, Jun. 2001, Baltimore, Maryland.

McKAY, K. N.; WIERS, V. C. S. Planning, scheduling and dispatching task in production control. **Cognition, Technology and Work.** v. 5, n. 2, p. 82-93, 2003.

McKAY, K.N.; WIERS, V. C. S. Unifying the Theory and Practice of Production Scheduling. **Journal of Manufacturing Systems.** v. 18, n. 4, p. 241-255, 1999.

MESQUITA, M. A.; HERNANDEZ, A. E. Discrete-event simulation of queues with spreadsheets: a teaching case. In: **PROCEEDINGS OF THE 2006 WINTER SIMULATION CONFERENCE**, 38., 2006, Monterrey. Disponível em: <a href="http://www.informs-sim.org/wsc06papers/293.pdf">http://www.informs-sim.org/wsc06papers/293.pdf</a>>. Acesso em: 15 Set. 2010.

METAXIOTIS, K. S.; PSARRAS, J. E.; ERGAZAKIS, K. A. Production Scheduling in ERP Systems – An al-based approach to face the gap. **Business Process Management Journal**, v. 9, n. 2, p. 221-247, 2003.

MEYR, H.; WAGNER, M.; ROHDE, J. Structure of Advanced Planning Systems. In: STADTLER, H.; KILGER, C. **Supply Chain Management and Advanced Planning:** Concepts, Models, Software and Case Studies. 3rd ed. Heidelberg: Springer, 2005.

MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Revista Produção**. v. 17, n. 1, p. 216-229, 2007.

MINTZBERG, H. Managers, Not MBAs: A Hard Look at the Soft Practice of Managing and Management Development. San Francisco, CA.: Berrett-Koehler Publishers, 2004.

MORTON, T. E.; PENTICO, D. W. Heuristic Scheduling Systems. With Applications to Production Systems and Project Management. New York: Wiley, 1993.

NAHMIAS, S. **Análisis de la producción y las operaciones.** 5. ed. México: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V., 2007.

NAKAO, N.; BAESSO GRIMONI, J. A. Apontes de cátedra da disciplina PEA5900 – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2010.

NARASIMHAN, S. L.; MC LEAVEY D. W.; BILLINGTON, P. J. **Production Planning and Inventory Control.** Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 1995.

ODEN, H. W.; LANGENWALTER, G. A.; LUCIER, R. A. Handbook of material and capacity requirements planning. New York: McGraw-Hill, 1993.

ORACLE. Software de gestão. Disponível em: <a href="http://www.oracle.com/br/index.html">http://www.oracle.com/br/index.html</a>. Acesso em: 2 Mar. 2011.

ORLICKY, J. Material Requirements Planning: the new way of life in production and inventory management. New York: McGraw-Hill, 1975.

OVACIK, I. M. Advanced Planning and Scheduling Systems: The Quest to Leverage ERP for Better Planning. In: KEMPF, K. G.; KESKINOCAK, P.; UZSOY, R. **Planning Production and Inventories in the Extended Enterprise.** A State of the Art Handbook, Volume 1. New York, NY: Springer, 2011.

PACHECO, R. F. A adoção de modelos de Programação da Produção nas empresas: um estudo do processo de decisão. 1999. 190 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

PANDEY, P. C.; PISAL YENRADEE, P.; ARCHARIYAPRUEK, S. A finite capacity material requirements planning system. **Production Planning & Control,** v. 11, n. 2, p. 113-121, 2000.

PARRA FILHO, D.; SANTOS, J. A. **Metodologia Científica.** 6. ed. São Paulo: Futura, 2003.

PEDROSO, M. C.; CORRÊA H. L. Sistemas da Programação com Capacidade Finita: Uma decisão estratégica? **RAE. Revista de Administração de Empresas.** v. 36, n. 4, p. 60-73, 1996.

PINEDO, M. L. **Planning and Scheduling in Manufacturing and Services.** New York, NY: Springer, 2005.

PLENERT, G.; KIRCHMIER, B. Finite Capacity Scheduling: management, selection and implementation. New York: John Wiley & Sons, 2000.

PREACTOR. Software de gestão. Disponível em: <a href="http://preactor.com/Home.aspx?lang=pt-BR">http://preactor.com/Home.aspx?lang=pt-BR</a>>. Acesso em: 2 Mar. 2011.

PTAK, C. A.; SCHRAGENHEIM, E. **ERP: tools, techniques, and applications for integrating the supply chain.** 2nd ed. Boca Raton, Florida: CRC Press LLC, 2004.

QUINTIQ. Software de gestão. Disponível em: <a href="http://www.quintiq.com">http://www.quintiq.com</a>. Acesso em: 2 Mar. 2011.

RONDEAU, P. J.; LITTERAL, L. A. Evolution of manufacturing planning and control systems: from reorder point to enterprise resource planning. Production and Inventory Management Journal. 2nd quarter, p.1-7, 2001.

SALGADO GAMA, M. C. S. A Teoria das Inteligências Múltiplas e suas implicações educação, 2000. Disponível para em: <a href="http://www.homemdemello.com.br/psicologia/intelmult.html">http://www.homemdemello.com.br/psicologia/intelmult.html</a>. Acesso em: 2 Out. 2011.

SANTORO, M. C.; CREPALDI, U. Software MRP – CRP.

SAP. Software de gestão. Disponível em: <a href="http://www.sap.com/brazil/index.epx">http://www.sap.com/brazil/index.epx</a>. Acesso em: 2 Mar. 2011.

SAUAIA, A. C. A. Laboratório de gestão: simulador organizacional, jogo de empresas e pesquisa aplicada. 2. ed. Barueri: Manole, 2010.

SHAPIRO, J. F. Modeling the supply chain. Pacific Grove, CA: Brooks/Cole-Thomson Learning, 2001.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

SILVA, L. P.; CECÍLIO, S. A mudança no modelo de ensino e de formação na Engenharia. Educação em Revista, v. 45. p. 61-80, 2007.

SMITH, K. A.; WALLER, A. A. New Paradigms for Engineering Education. In: Proceedings of the 1997 Frontiers in Education Conference, 27, Pittsburgh, PA, 1997. Disponível em: <a href="http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs">http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs</a> all.jsp?arnumber=632690>.

Acesso em: 22 Set. 2011.

STADTLER, H. Supply Chain Management and Advanced Planning – basics, overview and challenges. European Journal of Operational Research. v. 163, Issue 3, p. 575-588, 2005.

- STADTLER, H.; KILGER, C. **Supply Chain Management and Advanced Planning:** Concepts, Models, Software and Case Studies. 3rd ed. Heidelberg: Springer, 2005.
- STOOP, P. P. M.; WIERS, V. C. S. The complexity of scheduling in practice. **International Journal of Operations & Production Management.** v. 16, n. 10, p. 37-53, 1996.
- SULE D. R. Industrial Scheduling. Boston: PWS Pub. Co., 1997.
- TALL, M.; WORTMANN, J. C. Integrating MRP and finite capacity planning. **Production Planning & Control,** v. 8, n. 3, p. 245-254, 1997.
- TEIXEIRA, G. **Elaboração de objetivos educacionais no ensino superior.**Disponível em: <a href="http://serprofessoruniversitario.pro.br/m%C3%B3dulos/planejamento-acad%C3%AAmico/elabora%C3%A7%C3%A3o-de-objetivos-educacionais-no-ensino-superior">http://serprofessoruniversitario.pro.br/m%C3%B3dulos/planejamento-acad%C3%AAmico/elabora%C3%A7%C3%A3o-de-objetivos-educacionais-no-ensino-superior</a>>. Acesso em: 10 Dec. 2011.
- TUBINO, D. F. Planejamento e Controle da Produção: teoria e prática. São Paulo: Atlas, 2007.
- UMBLE, E. J.; HAFT R. R.; UMBLE, M. M. Enterprise Resource Planning: Implementation Procedures and critical success factors. **European Journal of Operational Research.** v. 146, p. 241-257, 2003.
- VOLLMANN, T. E.; BERRY, W. L.; WHYBARK, D. C. **Manufacturing Planning and Control Systems.** 4th ed. New York: Irwin / McGraw-Hill, 1997.
- WANKAT, P. C.; OREOVICZ, F. S. **Teaching Engineering.** New York: McGraw-Hill, 1993.
- WIGHT, O. W. Manufacturing Resources Planning. MRPII: Unlocking America's Productivity Potential. Rev. ed. Essex Junction, VT: O. Wight, 1984.
- YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

### **ANEXO A**

## PLANOS DAS UNIDADES

### Unidade Previsão de Demanda

## **PLANO DE UNIDADE**

## 1. IDENTIFICAÇÃO

Tema: Previsão de Demanda

N° aulas: 3 (300 min)

### 2. OBJETIVOS

N°	Descrição
1	Definir Demanda. Apresentar métodos e erros de Previsão
2	Justificar a sua importância para o PCP
3	Avaliar métodos para uma série histórica
4	Utilizar um critério de seleção para escolha do método de previsão para uma série
5	Reconhecer vantagens e desvantagens do software comercial vs. planilhas eletrônicas

### 3. CONTEÚDO

N°	Descrição
1	Conceitos sobre Demanda: Definição - Características - Processo de Previsão
2	Métodos de Previsão
3	Erros de Previsão
4	Discussão - Implantação nas empresas

### 4. ESTRATÉGIAS

Aula	Estratégia	Descrição	Material	
	Aula expositiva	Apresentação dos conceitos	Slides	
1	Debate com a classe toda	Definições para os conceitos expostos		
2	Aula expositiva	Apresentar ferramentas computacionais para resolução da Previsão de Demanda	Planilha eletrônica - software comercial	
3	Trabalho escrito	Listas de exercícios (questões	Biblioteca - internet -	
3	Pequenos grupos	a Teoricas e praticas)	material da disciplina - computador	
Ativ. fora	Leitura	Fichamento de trabalho acadêmico	Biblioteca - computador	
de aula	Pequenos grupos	pertinente ao assunto	Dibiloteca - computation	
Ativ. fora	Estudo de caso	Fábrica de skates - etapa nº 1	Planilha eletrônica ou	
de aula	Pequenos grupos	i abilica de skales - elapa II i	software comercial	

## 5. AVALIAÇÃO

Questões de Prova (Prova P1)	Avaliação continuada	Listas	Estudo de caso
------------------------------	----------------------	--------	----------------

### 6. BIBLIOGRAFÍA ESPECÍFICA

Planejamento e Controle da Produção – Lustosa et al., Campus, cap.4, 2008.
Introduction to Materials Management – Arnold, Prentice Hall, 3. ed., 1998.
Operations Research – Winston, Duxbury, 4. ed., cap.24, 2004.
Business Forecasting – Hanke & Reitsch, Prentice Hall, 6. ed., 1998.
Forecasting: Methods and Applications – Makridakis et al., JohnWiley, 3. ed., 1997.
Forecasting practices of Canadian firms: Survey results and comparisons - Klassen & Flores (IJPE, v.70, n.2, p. 163-174, 2001)

Unidade Planejamento das Necessidades de Materiais (MRP)

## PLANO DE UNIDADE

## 1. IDENTIFICAÇÃO

<u>Tema</u>: Planejamento das Necessidades de Materiais (MRP)

N° aulas: 4 (400 min)

### 2. OBJETIVOS

N°	Descrição
1	Definir os objetivos do MRP
2	Identificar as entradas e saídas do MRP
3	Explicar a lógica do algoritmo MRP
4	Destacar o MPS como ferramenta de planejamento.
5	Resolver casos com um simulador de sistema MRP em planilha
6	Diferenciar e criticar os módulos de verificação de carga
7	Discutir vantagens e limitações dos sistemas MRP

### 3. CONTEÚDO

N°	Descrição
1	Definição do MRP. Origem. Entradas – Algoritmo – Saídas. Low Level Code: conceito
2	MPS: definição. Relação com Planejamento Agregado e com MRP
3	Lista de Materiais e Tempos. Registro de Estoque. Estoque de Segurança
4	Sistemas MRP II. Verificações de carga: Módulos RCCP e CRP
5	Vantagens e limitações do MRP
6	Sistemas ERP

### 4. ESTRATÉGIAS

Aula	Estratégia	Descrição	Material
1 a 3	Aula expositiva	Apresentação de conceitos	Slides
2	Trabalho escrito	Exercício em sala de aula sobre Exemplo skate algoritmo MRP	
3	Debate com a classe toda	Debater vantagens e limitações do MRP	
3	Aula expositiva	Apresentar simulador MRP - CRP com exemplo	Planilha eletrônica - Simulador MRP-CRP
4	Trabalho escrito Pequenos grupos	Listas de exercícios (questões teóricas e práticas)	Biblioteca - internet - material da disciplina - computador
Fora de aula	Estudo de caso Pequenos grupos	Fábrica de skates - etapa nº 2 – MPS Fábrica de skates - etapa nº 3 – MRP	Planilha eletrônica - Simulador MRP-CRP

## 5. AVALIAÇÃO

Questões de Prova (Prova P1)	Avaliação continuada	Listas	Estudo de caso
------------------------------	----------------------	--------	----------------

## 6. BIBLIOGRAFÍA ESPECÍFICA

Introduction to Materials Management – Arnold, Prentice Hall, 3.ed., 1998.		
Factory Physics - Hopp & Spearman, McGraw-Hill/Irwin, 3.ed., cap.3, 2010.		
Orlicky's MRP - Plossl, G., McGraw-Hill, 2.ed., 1994.		
MPC Systems - Vollmann et al., Irwin / McGraw-Hill, 4.ed., 1997.		
ERP History - Jacobs and Weston Jr (JOM, v. 25, p. 357-363, 2006)		

## Unidade Programação da Produção

## **PLANO DE UNIDADE**

## 1. IDENTIFICAÇÃO

<u>Tema</u>: Programação da Produção <u>N° aulas</u>: 4 (400 min)

### 2. OBJETIVOS

N°	Descrição
1	Definir Programação Detalhada da Produção: objetivos, restrições e indicadores
2	Contrastar a Programação em diferentes ambientes e estratégias de produção (MTS, MTO, etc.)
3	Introduzir o Gráfico de Gantt como ferramenta básica de programação
4	Discutir estrutura dos Sistemas APS e sua aplicação na programação da produção.
5	Diferenciar a programação com capacidade infinita (MRP) e finita (APS)
6	Apresentar um simulador didático de Programação Detalhada da Produção
7	Discutir como podem ser integrados os sistemas MRP e APS (Prog. Detalhada)

## 3. CONTEÚDO

N°	Descrição
1	Programação da Produção: objetivos, restrições e indicadores
2	Programação em diferentes ambientes e estratégias
3	Gráficos de Gantt (Projeto x Recurso)
4	Sistemas APS (Programação Finita)
5	Abordagens para Programação: MRP - APS
6	Programação por Regras de Despacho
7	Teoria de Scheduling: otimização e heurísticas

### 4. ESTRATÉGIAS

Aula	Estratégia	Descrição	Material
1 a 2	Aula expositiva	Apresentação dos conceitos	Slides
2	Discussão com a classe toda	Debater diferenças entre prog. MRP e APS (capacidade infinita vs. finita)	
3	Trabalho escrito	Exercício em sala de aula com Regras de Despacho e Gráfico de Gantt	Exemplo
3	Demonstração	Simulador de Programação Finita	Planilha eletrônica -
3		Simulador de Frogramação Finita	Simulador
3	Demonstração	Modelo de otimização: minimizar atraso em máquina única	Planilha eletrônica - Solver
Trabalho escrito L		Listas de exercícios (questões	Biblioteca - internet -
4	Pequenos grupos	teóricas e práticas)	material da disciplina - computador
Ativ. fora	Estudo de caso	Fábrica de skates - etapa nº 4 -	Simulador para
de aula	Pequenos grupos	Programação Detalhada da Produção	Programação Finita
25/06	Estudo de caso	Fábrica de skates - etapa n° 5 -	Biblioteca - internet -
25/00	Pequenos grupos	Integração de sistemas (3 páginas)	material da disciplina

# 5. AVALIAÇÃO

Questões de Prova (P2)   Avaliação continuada   Listas   Estudo de caso
---

## 6. BIBLIOGRAFÍA ESPECÍFICA

Introduction to Materials Management – Arnold, Prentice Hall, 3. ed., 1998.
Planejamento e Controle da Produção – Lustosa et al., Campus, cap.4, 2008.
Administração da produção para a vantagem competitiva – Chase et al., Bookman, 10. ed., 2006.
Production and inventory management – Hax & Candea, Prentice-Hall, 1984.
Factory Physics – Hopp & Spearman, McGraw-Hill/Irwin, 3. ed., 2010.
Elements of sequencing and scheduling – Baker, K.R. Baker, 1997.
Heuristic Scheduling Systems – Morton & Pentico, Wiley, 1993.
Planning and Scheduling in Manufacturing and Services – Pinedo, Springer, 2005.

### **ANEXO B**

## **AVALIAÇÕES CONTINUADAS**

### **AVALIAÇÃO CONTINUADA**

Tema: Previsão de Demanda

Turma: 1

1. Indicar se a seguinte afirmação é verdadeira ou falsa. Justificar se for falsa.

"Na fase de crescimento do ciclo de vida de um produto, um bom método de previsão a utilizar é Suavização Exponencial Simples".

- 2. Explique brevemente o Efeito Chicote. Como pode ser amenizado?
- 3. Determine as previsões para os meses 4 a 6 utilizando suavização exponencial simples com alfa 0,2 e previsão inicial 10.

Mês	Demanda	Previsão
1	8	10
2	12	
3	14	
4	5	
5	13	
6	10	

4. Os erros de previsão de dois métodos de previsão foram os seguintes:

	Erro Médio (EM)	Erro Abs. Médio (EAM)	Erro Percentual Abs. Médio (EPAM)
Método A	-3	10	4%
Método B	5	12	2,5%

Qual método você escolheria para realizar previsões? Justificar.

Tema: Previsão de Demanda

Turma: 2

- 1. Explique porque as previsões agregadas apresentam menor erro.
- 2. O que se entende por "Demanda"? E por "Vendas"?
- 3. Determine as previsões para os meses 3 a 6 utilizando o método de média móvel simples com n = 2.

Mês	Demanda	Previsão
1	8	
2	12	
3	14	
4	5	
5	13	
6	10	

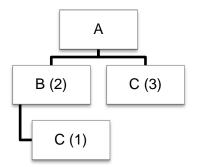
4. Os erros de previsão de dois métodos de previsão foram os seguintes:

	Erro Médio (EM)	Erro Abs. Médio (EAM)	Erro Percentual Abs. Médio (EPAM)
Método A	-3	10	4%
Método B	5	12	2,5%

Qual método você escolheria para realizar previsões? Justificar.

T	ema:	<b>MRP</b>
T	urma	: 1

- 1. Quais são os dados de entrada e saída do MRP?
- 2. Explique brevemente a lógica de *capacidade infinita* implícita no modelo MRP.
- 3. Qual é a função do módulo CRP (verificação detalhada da capacidade)?
- 4. Aplique o algoritmo MRP e complete os registros dos itens A, B e C.



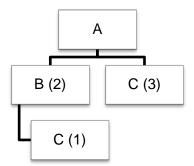
	Data :	1	2	3	4	5	6
Α	Nec. Bruta						30
LT=2	Estoque = 5						
	Nec. Líquida						
	Rec. Planejado						
	Emissão da O.P.						

В	Nec. Bruta			
LT=1	Estoque = 10			
	Nec. Líquida			
	Rec. Planejado			
	Emissão da O.P.			

С	Nec. Bruta			
LT=3	Estoque = 50			
	Nec. Líquida			
	Rec. Planejado			
	Emissão da O.P.			

T	ema:	<b>MRP</b>
T	urma	: 2

- 1. Explique a afirmação: "Os modelos MRP baseiam-se no conceito básico de <u>demanda</u> <u>dependente</u>."
- 2. Quais são os componentes do lead time (prazos de entrega) dos itens no MRP?
- 3. Qual é a função do módulo RCCP (verificação grosseira ou preliminar da capacidade)?
- 4. Aplique o algoritmo MRP e complete os registros dos itens A, B e C.



	Data :	1	2	3	4	5	6
Α	Nec. Bruta						30
LT=2	Estoque = 5						
	Nec. Líquida						
	Rec. Planejado						
	Emissão da O.P.						

В	Nec. Bruta			
LT=1	Estoque = 10			
	Nec. Líquida			
	Rec. Planejado			
	Emissão da O.P.			

С	Nec. Bruta			
LT=3	Estoque = 50			
	Nec. Líquida			
	Rec. Planejado			
	Emissão da O.P.			

<u>Tema</u>: Programação da Produção <u>Turmas</u>: 1 e 2

- 1. Quais são as diferenças principais entre a lógica de programação MRP e do APS?
- 2. Quais são as dificuldades para o uso de algoritmos otimizantes na programação da produção?
- 3. Calcule os indicadores solicitados para a seguinte programação.

Ordem	Prazo	Conclusão	Lj	Ej	Tj
Α	10	12			
В	7	3			
С	13	13			
D	4	2			
E	16	20			

N° ordens atrasadas	
Atraso máximo	
Atraso médio	
Tempo médio de fluxo	
Makespan	

4. Aplique a regra SPT e obtenha uma sequência para o seguinte problema de Flow Shop. Realize um gráfico de Gantt com a solução proposta.

Ordem	Tempo M1	Tempo M2
Α	6	2
В	5	9
С	7	8
D	3	7

Sec	luên	cıa

### **Gantt**

M1															
M2															

### **ANEXO C**

# QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DISCENTE

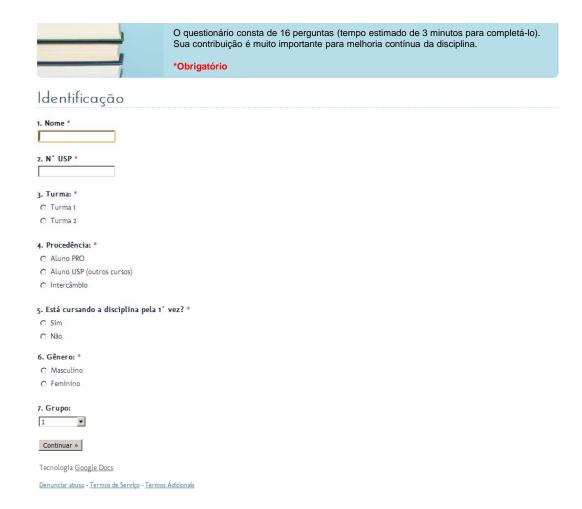


Figura 59 - Questionário para Alunos de PCP - Tela nº1

Autoaval	ia	çã	O	-	Μ	ódulo II
8. Frequentei as a	ulas	reg	ular	mer	nte.	
	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	0	0	0	О	С	Concordo totalmer
9. Participei ativa	men	te n	a re	solu	ıção	das Listas de Exer
	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	0	0	0	С	C	Concordo totalmer
10. Participei ativa	amei	nte i	na r	esol	lucã	o do Estudo de Ca:
					5	
Discordo totalmente	0	0	0	С	· c	Concordo totalmer
11. Preparei-me pa	ra a	s pro	ovas	*		
in reparet ine par					5	
Discordo totalmente	0	0	0	С	0	Concordo totalmer
12. Tive um bom d	esen	npen	ho	nas	pro	vas. *
	1	2	3	4	. 5	
Discordo totalmente	0	0	0	С	C	Concordo totalmer
« Voltar Continu Tecnologia Google D		]				
Denunciar abuso - Term	nos de	. Sen	viço -	Tern	nos A	dicionais

Figura 60 - Questionário para Alunos de PCP - Tela nº2



Figura 61 - Questionário para Alunos de PCP - Tela nº3

16. Sinta-se a vontade para realizar comentários, sugestões e críticas s	sobre as estratégias de ensino aplicadas no módulo.
« Voltar Enviar	
Tecnologia <u>Google Docs</u>	
Denunciar abuso - Termos de Serviço - Termos Adicionais	

Figura 62 - Questionário para Alunos de PCP - Tela nº4

# E-mail convite para participar do questionário de Alunos de PCP

Caro aluno,

Solicitamos sua colaboração em responder o questionário de avaliação do módulo 2 (Previsão, MRP, Programação Detalhada e Produção Puxada) da disciplina PRO2415 – Planejamento, Programação e Controle da Produção.

O questionário está disponível no seguinte link:

https://docs.google.com/spreadsheet/viewform?fromEmail=true&formkey=dFg2aEdYTVZkWEtpVzNJdWd1UkRWdkE6MQ

Sua contribuição é muito importante para melhoria contínua da disciplina.

Muito obrigado pela colaboração!

# ANEXO D

#### ETAPAS DO ESTUDO DE CASO

# A Fábrica de Skates: um estudo de caso em Planejamento e Controle da Produção

Etapa N° 1: Análise e Previsão de Demanda

# A Empresa

A **SK8 MRP** trata-se de uma empresa familiar que fabrica e vende skates. Também comercializa alguns dos componentes separadamente (pranchas, rodas e eixos). Ela é gerenciada pelo o Sr. Norberto e seus filhos. Atualmente conta com 36 funcionários, 24 trabalhando diretamente na produção. O organograma pode ser visualizado na Figura 1.

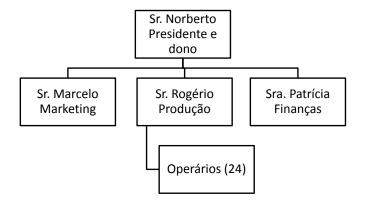


Figura 1 – Organograma da SK8 MRP

A <u>missão</u> da empresa é definida como:

"Produzir produtos de qualidade destinados aos iniciantes na prática do skate, promovendo uma experiência significativa na prática do esporte."

A empresa fabrica as pranchas (denominadas também shapes ou decks) e as rodas e monta skates. Comercializa, além dos skates montados, partes separadas (pranchas, pacotes de rodas e eixos).

Encontra-se localizada em Osasco, na grande São Paulo. Daí os produtos são transportados e vendidos em todo o território brasileiro. A empresa ainda não exporta os seus produtos regularmente, porém, já está começando a receber os primeiros pedidos de clientes do MercoSul.

A demanda apresenta um crescimento moderado nos últimos anos, pois, apesar do forte aumento de interesse por parte do público na prática deste deporte, o número de fornecedores concorrentes também aumentou.

# Análise de Mercado

#### Clientes:

Os produtos comercializados pela empresa são destinados a crianças e adolescentes que desejam começar a prática do *skateboarding*. O público alvo são consumidores de classe média e média-baixa, que desejam comprar um produto com boa relação qualidade / preço.

#### Concorrentes:

Com as condições econômicas favoráveis no país dos últimos anos, aliada ao baixo investimento inicial para abrir o negócio, vários concorrentes entraram no mercado, pressionando a profissionalização da SK8 MRP.

#### Fornecedores:

Dado que a empresa situa-se estabelecida numa zona de grande desenvolvimento industrial, os fornecedores encontram-se relativamente próximos. Não existem grandes esperas pelos componentes necessários para a produção, exceto pela madeira utilizada na produção de shapes. Os prazos de entrega geralmente são estáveis.

# **Marketing**

# Produtos e serviços:

Os componentes de um skate padrão encontram-se descritos no Quadro 1.

Quadro 1 - Componentes do Skate

Prancha (shape)	Constitui a parte principal do skate. São fabricadas em madeira leve e resistente, usualmente são 7 folhas de madeira, coladas e prensadas.
Eixos	Também chamados de trucks. Os dois eixos de um skate são fabricados a partir de ligas metálicas de alta resistência para absorver os impactos das manobras. Servem para direcionar o skate e fixar as rodas.
Rodas	Um skate possui quatro rodas, que podem ser de vários tamanhos e materiais, dependo do gosto e estilo do skatista. São feitas de Poliuretano ou Uretano. Contém duas cavidades, uma de cada lado, onde se encaixam os rolamentos.
Rolamentos	Dispositivo metálico que permite o movimento relativo entre duas partes: a roda e o eixo. Em cada roda vão 2 rolamentos, ao todo são 8 rolamentos em um skate.
Parafusos e porcas	São usados para fixar os eixos à prancha. São 4 em cada truck sendo ao total 8 conjuntos.
Lixa	A mesma é autoadesiva, colada na parte superior do shape. Aumenta o atrito entre o shape e o calçado do skatista, permitindo executar manobras sem que o pé involuntariamente deslize sobre o skate.

Fonte: http://sk84life.flogbrasil.terra.com.br/foto16870189.html

A empresa basicamente fabrica a prancha e as rodas, sendo os demais componentes comprados. As vendas incluem dois modelos de skates montados, algumas partes (prancha, rodas, etc.) e alguns acessórios.

A lista de produtos vendidos é a seguinte:

Skates montados: disponíveis em duas versões: a <u>SK8 BR</u>, com medidas padrões, que substituiu o antigo modelo <u>SK8 MRP</u>; e a versão <u>SK8 BR</u> <u>Kids</u>, um pouco menor que a anterior, desenhada para dar os primeiros passos no esporte. Ambos são entregues montados, em caixa, com todos os acessórios inclusos.

- Caixa de shapes: os shapes são fabricados in company, a partir de lâminas de madeira do tipo marfim. São comercializados neste formato apenas os shapes da medida padrão (<u>BR</u>). Cada caixa contém oito shapes, que são montados no ponto de venda ou em casa pelo consumidor final.
- Rodas: produzidas em poliuretano mediante um processo de fundição, usinagem e impressão. São fabricadas em duas versões: têm-se as brancas (cor natural), mais resistentes; e as coloridas (utilizam-se pigmentos para alterar a cor, o que faz mudar algumas características do produto). Ambos os modelos são comercializados em pacotes de quatro unidades. Os skates montados na empresa utilizam sempre as rodas brancas.
- <u>Eixos</u>: utilizados na montagem dos skates, porém eles também são vendidos por separado. Estes componentes são comprados de um fornecedor homologado.

A Estrutura de Materiais dos produtos Skate montado *BR*, Skate montado *BR Kids*, Caixa de shapes *BR* e os Pacotes de rodas (modelos X – brancas, e Y – coloridas) são detalhadas a seguir:

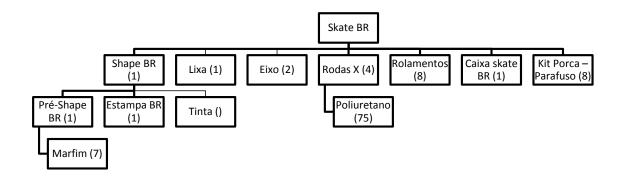


Figura 2 – Estrutura do Skate modelo *BR* 

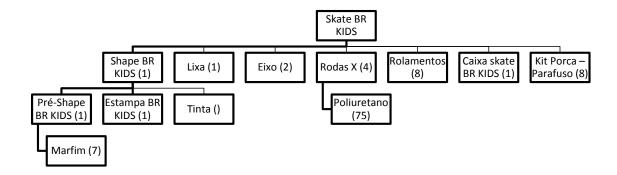


Figura 3 – Estrutura do Skate modelo BR Kids

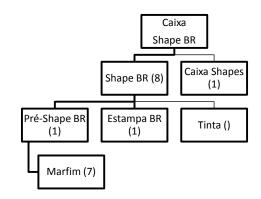


Figura 4 – Estrutura da Caixa de shapes BR

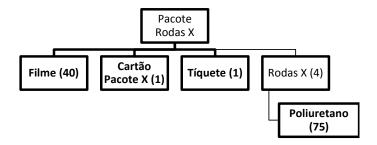


Figura 5 – Estrutura do Pacote de rodas modelo X

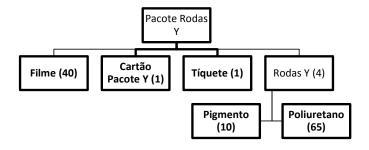


Figura 6 - Estrutura do Pacote de rodas modelo Y

Dado o público alvo (iniciantes), o preço dos produtos posiciona-se numa faixa intermediária, não baixo para não ser confundido com um brinquedo, porém não chegam ao nível de produtos importados ou das melhores marcas nacionais.

# Estrutura de comercialização:

A empresa comercializa seus skates montados com grandes cadeias de supermercados e lojas de brinquedos. Já os shapes, as rodas e eixos, pela boa qualidade percebida, são vendidos em lojas especializadas. As rodas estão sendo testadas por um cliente do exterior, que já realizou um pedido em 2011.

# **Produção**

A fábrica e o escritório encontram-se no mesmo prédio. O Layout simplificado da planta pode ser visualizado na Figura 7. A administração concentra-se no mezanino à direita.

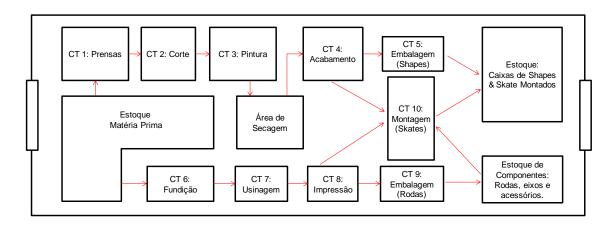


Figura 7 – Layout da fábrica de skates

Os dados sobre capacidades diárias de produção encontram-se no Quadro 2.

Quadro 2 - Capacidades

Fabricação de Shapes		
Capacidade	400	Shapes/dia
Montagem de Skates		_
Capacidade	250	Skates/dia
Embalagem Caixa de Shapes SK8 BR		_
Capacidade	80	Caixas/dia
Fabricação de Rodas		
Capacidade	4200	Rodas/dia

# Processo de Produção:

O processo é semelhante ao observado no seguinte vídeo:

Título: How It's Made Skateboards

Link: <a href="http://www.youtube.com/watch?v=ZQMn625MF5w&feature=related">http://www.youtube.com/watch?v=ZQMn625MF5w&feature=related</a>

Na fábrica, foram definidos dez centros de trabalho, que operam cinco dias por semana, oito horas por dia. As informações de cada centro são fornecidas no Quadro 3.

Quadro 3: Centros de Trabalho

Código	Descrição	Capacidade (hs/dia)	N° Máquinas	Máquinas - detalhe	N° Operários
CT1	Prensas	8	4	2 máq. Colar 2 prensas	4
CT2	Corte	8	6	1 Furadeira 1 Serra 1 máq. Contorno 1 máq. Arredondar 1 lixadora 1 polidora	2
CT3	Pintura	8	1	1 Cabine de pintura	1
CT4	Acabamento	8	1	1 máq. Heat tranfer	1
CT5	Embalagem de Shapes	8		1 linha	1
CT6	Fundição	8	8	2 Mixer 2 Máq. Fundição 2 Estufas 2 Linhas	2

Código	Descrição	Capacidade (hs/dia)	N° Máquinas	Máquinas - detalhe	N° Operários
CT7	Usinagem	8	3	3 Tornos	3
СТ8	Impressão	8	5	5 Máq. Tampográficas	5
СТ9	Embalagem de Rodas	8	1	1 Máq. Empacotadora	1
CT10	Montagem de Skates	8		1 linha	4

Definidos os centros, o Quadro 4 apresenta os roteiros de produção.

Quadro 4: Roteiros de Produção

Item: Pré-Shape

Op.	СТ	Desc.
10	1	Colar e Prensar
20	2	Cortar
30	2	Furar
40	2	Acabamento
50	2	Polimento

Item: Shape

Op.	СТ	Desc.
10	3	Pintura
20	4	Estampar

Item: Caixa Shapes BR

Op.	СТ	Desc.
10	5	Empacotar

Item: Roda

Op.	СТ	Desc.
10	6	Moldar
20	7	Usinar
30	8	Estampar

Item: Pacote Rodas

Op.	СТ	Desc.
10	9	Empacotar

Item: Skate

Op.	СТ	Desc.
10	10	Montar skate

Os equipamentos empregados na produção dos componentes encontram-se em bom estado. O último incidente grave com parada da produção foi por volta de 2010, conforme relatado pelo Gerente de Produção.

#### Planejamento e Controle da Produção

O Sr. Rogério, gerente de Produção da fábrica, contratou a você, Engenheiro de Produção, para aumentar a produtividade da empresa no uso dos recursos e no atendimento aos clientes. Sua primeira missão é fornecer um diagnóstico da situação atual da produção.

Assim, você decidiu realizar um levantamento dos recursos, definiu centros de produção, fez estudo de tempos e cadastro dos roteiros de produção. Depois, estimou as capacidades diárias de produção em cada centro. Constatou-se que a empresa emprega uma estratégia de produção do tipo *Make-to-Stock*.

Quando apresentou o material, o Sr. Rogério achou o diagnóstico excelente. Poucos dias depois, solicitou um estudo detalhado para formalizar uma área de Planejamento e Controle da Produção. Pode-se dizer que o planejamento era "nulo". Muitos procedimentos inadequados eram repetidos sob o argumento de que "sempre foi feito assim".

Então, você apresentou um relatório com os passos que considerava necessários. Em resumo, a sua recomendação foi implantar um sistema de PCP fundamentado em três módulos: Previsão de Demanda, Planejamento Mestre da produção (PMP) e um módulo MRP, incluindo um procedimento de carga máquina.

O Sr. Rogério, por não conhecer o assunto, pediu para você duas tarefas: a primeira, explicar a importância do PCP na empresa e como ela contribui na agregação de valor para o cliente.

A segunda, desenvolver e implantar aplicativos em Excel para a SK8 MRP (para não ter que comprar ainda nenhum software comercial), no intuito de disseminar esses novos conhecimentos entre os planejadores.

Você aceitou o desafio, e, para começar, escolheu o módulo de **Previsão de Demanda**.

# Objetivos da etapa N° 1:

Elaborar o relatório para a primeira tarefa especificada.

Com os dados históricos de vendas dos produtos (disponíveis na página da disciplina), elaborar um segundo relatório para o Sr. Rogério que contenha:

- Uma análise pormenorizada de cada uma das séries (considerando aleatoriedade, tendência, sazonalidade, outliers etc.);
- Para cada produto as previsões para os meses de outubro, novembro e dezembro de 2011, identificando o melhor método de previsão;
- Para cada previsão, uma estimativa de erro para dimensionamento dos estoques de segurança;
- Apresentar uma proposta detalhada para formalização de um processo de previsão para a SK8 MRP.

Para efetuar as análises e previsões, você tem a liberdade de utilizar planilhas eletrônicas (Excel) ou um software comercial (Minitab).

A Fábrica de Skates: um estudo de caso em

Planejamento e Controle da Produção

Etapa N° 2: Programa Mestre de Produção

<u>Módulos MPS - RCCP</u>

Algumas semanas depois, você entregou para o Sr. Rogério o relatório com a

análise das séries históricas e os modelos utilizados para Previsão de Demanda

(Etapa 1). Primeiro ele o felicitou, mas logo questionou como esta informação

poderia ser empregada no planejamento da produção. Você explicou que as

previsões podem ser utilizadas como entrada para a elaboração do Programa

Mestre de Produção.

O Gerente apoiou a ideia do MPS (de Master Production Scheduling) e ressaltou,

que nos últimos meses, a empresa tem convivido com horas extras e atrasos nas

duas últimas semanas do mês.

Para começar o trabalho e dar uma rápida resposta, você decidiu estruturar o MPS

para três produtos finais: SK8 BR, SK8 BR KIDS e CAIXA DE SHAPES, que

compartilham os mesmos recursos críticos da fábrica, isto é, as prensas (CT1) e a

linha de montagem (CT10).

Para este trabalho, você solicitou a posição de estoque de produtos acabados ao

pessoal do almoxarifado. As previsões para os próximos três meses, que já foram

discutidas e finalmente aprovadas pelos Gerentes de Produção e Vendas,

permitiram a você calcular os estoques de segurança para os produtos escolhidos.

Para efeito de distribuição da demanda no mês, você pode considerar cada mês

com quatro semanas, com distribuição de 10, 20, 30 e 40% da demanda total, a

partir da primeira semana de cada mês. Todos esses dados encontram-se nos

arquivos disponíveis no site da disciplina.

# Objetivos da etapa N° 2:

Com toda a informação que você já coletou, desenvolva um módulo MPS em planilhas de cálculo e um programa para os próximos três meses. Utilize janelas de tempo (*time buckets*) de uma semana.

Além disto, para impressionar o seu chefe, avalie o perfil de carga (módulo RCCP) dos recursos críticos CT1 (prensas) e CT10 (linha de montagem). Os tempos-padrão estimados por produto em cada centro estão também no AVA.

Para finalizar, elabore um relatório para o Sr. Rogério explicando brevemente o funcionamento deste conjunto de módulos, além de apresentar o Programa Mestre de Produção junto com a verificação da capacidade para o período considerado. Inclua no relatório uma breve análise do programa proposto.

Observação: encontra-se também disponível uma planilha padrão onde é possível o cálculo conjunto do MPS e o RCCP. Isto pode ser realizado por tentativa e erro, ou, de um jeito mais correto, pode-se utilizar o recurso da programação linear com o *Solver*. Recomenda-se a segunda opção, de modo de obter uma solução ótima (ou perto dela).

A Fábrica de Skates: um estudo de caso em

Planejamento e Controle da Produção

Etapa N° 3: Planejamento da Produção via MRP

<u>Módulos MRP - CRP</u>

Satisfeito com a análise da demanda e os resultados da programação mestra da

produção, o Sr. Rogério solicitou um plano de produção para atender ao programa

mestre que você elaborou. Ele comentou que a empresa tem um sistema MRP com

interface via planilhas, que foi implantado, mas não está sendo utilizado. O Gerente

questionou se você poderia avaliar este sistema.

Objetivos da etapa N° 3:

Gerar um plano de produção a partir do programa mestre aprovado, utilizando o

sistema MRP da SK8 MRP.

Lembrando que a empresa adota uma estratégia MTS, considere o programa mestre

da etapa 2 (MPS), que especifica as necessidades brutas para os produtos SK8 BR,

SK8 BR KIDS e CAIXA DE SHAPES. Adicione ao programa mestre as

necessidades brutas de pacotes de rodas (apresentadas no anexo, junto com outras

informações). Por decisão do Sr. Norberto, a empresa deixou de vender

separadamente os eixos, já que a sua margem de contribuição era muito estreita.

Concluída a entrada de dados, rode o MRP. Prepare um relatório que inclua um

resumo das ordens planejadas de produção e compra. Lembre-se que este informe

vai ser apresentado para a gerência da empresa (Sr. Norberto e seus filhos). Além

disso, duas análises separadas foram solicitadas pelo Sr. Rogério:

- Avaliar o sistema disponível. Como não está sendo empregado na empresa, o
  Gerente quer saber se o mesmo funciona. Isto contempla, entre outras coisas,
  verificar se os cálculos são consistentes, se as políticas de estoque são
  adequadas, se o cálculo da carga está correto, etc.
- 2. Avaliar a qualidade da programação gerada. Algumas questões a serem respondidas seriam: o <u>plano de materiais</u> é viável? Como poderia ser melhorado?

A respeito da <u>viabilidade</u>, realizar a verificação da carga dos recursos (na primeira análise, não considere a utilização de horas extras). A solução é viável quanto à capacidade? Se não for, como se pode viabilizá-la? Elaborar gráficos de carga vs. capacidade para cada centro.

# **ANEXO**

# I. Arquivo Mestre dos Itens

Nos Quadros 1 a 5, são apresentados dados inclusos no arquivo mestre dos itens. Como o sistema só aceita códigos numéricos, os itens foram recodificados para satisfazer esta restrição do sistema.

Quadro 1: Itens a serem planejados pelo MRP

Código novo	Código	Descrição	Unidade medida	Lead Time	Estoque de Segurança
1	SK8 BR	Skate modelo BR	peça	1	350
2	SK8 BR KIDS	Skate modelo BR KIDS	peça	1	150
3	CX SH BR	Caixa de Shapes	peça	1	60
4	PRX	Pacote de Rodas mod. X	peça	1	1200
5	PRY	Pacote de Rodas mod. Y	peça	1	600
6	SH BR	Shape modelo BR	peça	1	300
7	LIX	Lixa	peça	3	0
8	EIX	Eixo	peça	2	0
9	RODX	Roda mod. X	peça	1	0
10	RLM	Rolamento	peça	2	0
11	CX BR	Caixa para skate BR	peça	2	0
12	SH BR KIDS	Shape modelo BR KIDS	peça	1	100
13	CX BR KIDS	Caixa para skate BR KIDS	peça	2	0
14	CX SH	Caixa para embalagem de Shapes	peça	2	0
15	FLM	Filme termo-encolhível	m	1	0
16	PCTX	Caixa para pacote de roda mod. X	peça	2	0
17	TQT	Tíquete	peça	1	0
18	RODY	Roda mod. Y	peça	1	0
19	PCTY	Caixa para pacote de roda mod. Y	peça	2	0
20	PSH BR	Pré-shape modelo BR	peça	1	100
21	EST BR	Estampa modelo BR	peça	3	300
22	PU	Poliuretano	kg	2	0
23	EST BR KIDS	Estampa modelo BR KIDS	peça	3	100
24	PSH BR KIDS	Pré-shape modelo BR KIDS	peça	1	100
25	PIGM	Pigmento para coloração	kģ	2	0
26	MARFIM	Lâmina de Marfim	peça	4	0

Quadro 2: Itens que utilizam política de Lote Fixo

Código	Lote
RODX	600
RLM	5000
RODY	600
MARFIM	6000

Quadro 3: Itens que utilizam política Lote-a-lote

Código	Política		
EST BR	Lote-a-Lote		
EST BR KIDS	Lote-a-Lote		

Quadro 4: Itens que utilizam política de Lote com Período Fixo

Código	Período
EIX	2
TQT	3
PU	2
PIGM	3

Quadro 5: Itens que utilizam políticas de Lotes Mínimos e Múltiplos

Código	Qtd. Mínima	Qtd. Múltipla
SK8 BR	0	50
SK8 BR KIDS	0	50
CX SH BR	0	5
PRX	0	400
PRY	0	200
SH BR	0	80
LIX	500	1
CX BR	100	1
SH BR KIDS	0	80
CX BR KIDS	50	1
CX SH	25	1
FLM	0	100
PCTX	150	1
PCTY	150	1
PSH BR	0	80
PSH BR KIDS	0	80

# II. Listas de Materiais

As Figuras 1 a 5 apresentam a estrutura completa de cada produto final, junto com as quantidades a serem utilizadas na fabricação (montagem) de cada item pai.

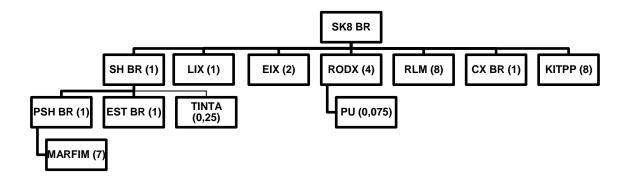


Figura 1 – Skate modelo BR

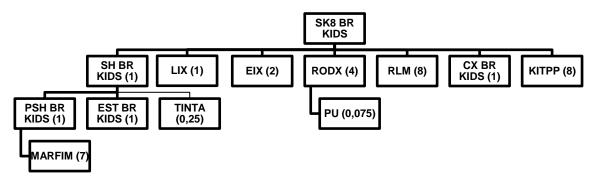


Figura 2 – Skate modelo BR Kids

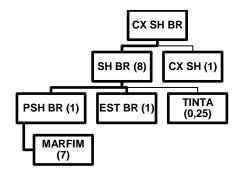


Figura 3 - Caixa de Shapes BR

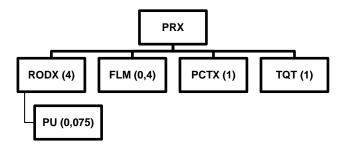


Figura 4 – Pacote de Rodas modelo X

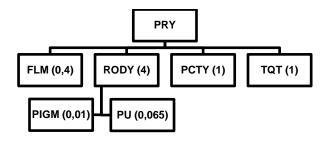


Figura 5 - Pacote de Rodas modelo Y

Obs.: as necessidades dos itens TINTA e KITPP (kit porca-parafuso) não são planejadas pelo MRP, ainda que sejam componentes dos produtos finais.

#### III. Recursos Produtivos

Os centros produtivos e respectivas capacidades são detalhados no Quadro 6.

Quadro 6: Centros Produtivos

Código	Descrição	Capacidade Disponível [hs/sem]
CT1	Prensas	80
CT2	Corte	80
CT3	Pintura	40
CT4	Acabamento	40
CT5	Embalagem de Shapes	40
CT6	Fundição	80
CT7	Usinagem	120
CT8	Impressão	200
CT9	Embalagem de Rodas	40
CT10	Montagem de Skates	160

# IV. Processos de Produção

Os roteiros de produção especificam o processo de fabricação dos shapes (versões BR e BR KIDS), a montagem dos skates (Figura 6) e a embalagem dos shapes BR em caixas (Figura 7). Há também a linha de fabricação das rodas, tanto para uso nos skates montados quanto para os pacotes de quatro rodas vendidos separadamente (Figuras 8 e 9). Os tempos estimados de cada operação são formados pelo tempo unitário de produção e uma fração do tempo de setup (rateado entre a quantidade que forma um lote de produção).

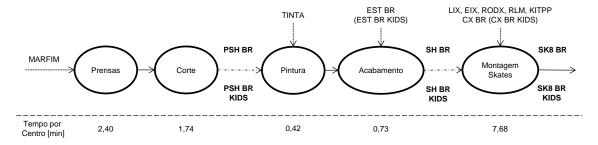


Figura 6 - Processo produtivo: Skates montados

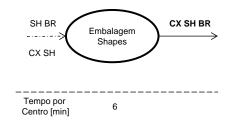


Figura 7 – Processo produtivo: Caixa de Shapes

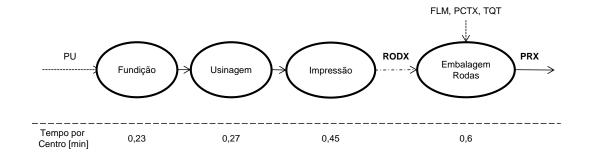


Figura 8 – Processo produtivo: Pacote de Rodas modelo X

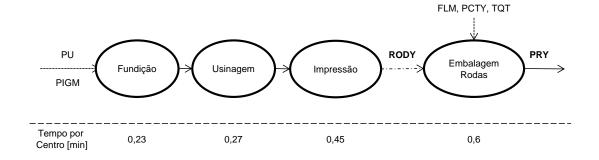


Figura 9 - Processo produtivo: Pacote de Rodas modelo Y

# V. Estoques iniciais

Os valores de estoques, considerados no período inicial (semana "40"), estão apresentados no Quadro 7.

Quadro 7: Estoques iniciais

Código	Qtd.	Código	Qtd.
SK8 BR	2000	CX SH	70
SK8 BR KIDS	1500	FLM	85
CX SH BR	900	PCTX	100
PRX	7000	TQT	500
PRY	5000	RODY	500
SH BR	300	PCTY	90
LIX	1000	PSH BR	700
EIX	1500	EST BR	2000
RODX	400	PU	3000
RLM	3000	EST BR KIDS	1000
CX BR	500	PSH BR KIDS	500
SH BR KIDS	150	PIGM	100
CX BR KIDS	1000	MARFIM	15000

# VI. Recebimentos Programados

O Quadro 8 lista as quantidades de ordens abertas que ingressarão no estoque nas próximas semanas.

Quadro 8: Recebimentos Programados

Código	Qtd.	Data Disponível
EIX	1500	41
PSH BR	300	41
PSH BR KIDS	500	41
RLM	2000	42
EST BR	500	42
EST BR KIDS	200	42
MARFIM	15000	42

# VII. Necessidades Brutas

No Quadro 9, estão detalhadas as necessidades brutas para os pacotes de rodas modelos X e Y.

Quadro 9: Necessidades Brutas

		Semana										
Item	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
PRX	2000	2000	2000	2000	3000	3000	3000	3000	2500	2500	2500	2500
PRY	1200	1200	1200	1200	1300	1300	1300	1300	1100	1100	1100	1100

204

A Fábrica de Skates: um estudo de caso em

Planejamento e Controle da Produção

Etapa N° 4: Programação Detalhada da Produção

A Empresa Metal S.A.

Trata-se de uma pequena empresa dedicada ao fornecimento de peças fundidas

e/ou usinadas. O seu sistema produtivo está formado por máquinas ferramentas,

como: torno, cortadeira, fresadora, dobradeira, furadeira, etc. A companhia

apresenta um layout típico de oficina de máquinas (job shop). Possui dois galpões,

um para fundição e outro para usinagem.

No setor de fundição, a empresa utiliza um método similar ao que pode ser

observado no seguinte vídeo:

Título: Documentary Piece - Making Trucks (35mm) by Darryl Grogan

Link: <a href="http://www.youtube.com/watch?v=rpHJKZFgBs4&feature=related">http://www.youtube.com/watch?v=rpHJKZFgBs4&feature=related</a>

A empresa fabrica eixos para skates, tendo a SK8 MRP com um grande cliente, e

outras peças fundidas, que podem ou não passar por outros processos (furar,

lixamento e polimento, por exemplo).

Tanto as peças fundidas, quanto as usinadas (de catálogo ou personalizadas), são

produzidas apenas contra pedido. Estes pedidos transformam-se diretamente em

ordens de produção para o chão de fábrica.

A fábrica trabalha em um único turno de **oito** horas, de segunda a sexta-feira,

totalizando 40 horas semanais.

Nos últimos meses, a companhia experimentou um crescimento no número de

pedidos, como também um incremento no número de reclamações por atrasos na

entrega dos mesmos.

Diante a nova situação, e para o ano que está começando, a gerência definiu como prioridade o atendimento das datas de entrega prometidas aos seus clientes. Sendo assim, contratou um Engenheiro de Produção para solucionar o problema.

# Sistema de Programação Detalhada da Produção

A empresa empregava um software de programação da produção (**LEKIN**®), mas deixou de ser utilizado. A regra atual na fábrica é seguir a regra FIFO. No entanto, pedidos urgentes são, às vezes, priorizados.

O Gerente de Produção reuniu-se com o novo Engenheiro e exibiu o software a ele. Brevemente, trata-se de um software de programação detalhada da produção, desenvolvido em Universidades dos Estados Unidos. O mesmo fornece soluções iniciais mediante a aplicação de algoritmos (regras de despacho estão inclusas), permite a geração de novas a partir de modificações de soluções existentes e calcula uma série de indicadores para avaliação das soluções geradas. O Gerente solicitou ao Engenheiro verificar a viabilidade de reutilizar o software para ajudar na programação da produção (como um sistema de apoio à decisão).

Então, o Engenheiro decidiu testar o programa, gerando uma programação para uma lista de pedidos apresentada no Quadro 1. Nesta simulação, considera-se como início do período o dia **16/01/2012**. Os prazos de entrega são considerados no final do dia para disponibilidade de embarque na manhã do dia útil seguinte.

Quadro 1 - Carteira de Pedidos

N° Pedido	Código Produto	Quantidade	Prazo
1	SKU845	50	18/01/12
2	SKU146	400	25/01/12
3	SKU133	250	19/01/12
4	SKU100	100	18/01/12
5	SKU213	250	25/01/12
6	SKU025	1000	26/01/12
7	SKU502	200	28/02/12
8	SKU146	300	13/03/12
9	SKU845	80	01/02/12
10	SKU502	200	01/02/12

Outras informações úteis encontram-se no anexo.

# Objetivos da etapa Nº 4:

Insira a lista de pedidos e demais parâmetros no software e determine a programação, seguindo as regras clássicas FIFO, SPT e EDD. Como na etapa 3, prepare um relatório que contemple as seguintes análises:

- 1. Compare as soluções geradas com estas três regras clássicas, com base em indicadores usuais como número de ordens atrasadas, atraso total, maior atraso, tempo total, tempo médio de fluxo, utilização da capacidade etc. A política atual (FIFO) pode ser considerada uma boa escolha?
- A partir das soluções iniciais, proponha uma solução melhor. Explique como esta nova solução foi obtida e justifique por que ela pode ser considerada melhor que a original.
- 3. Avalie o sistema disponível. Isto contempla se o sistema calcula de forma correta segundo as regras adotadas, se os gráficos de Gantt refletem com exatidão os programas, etc. Quais são algumas das limitações do software?

Dica: na solução da presente etapa, utilizar unidade de tempo "horas".

# <u>ANEXO</u>

#### I. Produtos

No Quadro 2, são apresentados os itens que atualmente a empresa fabrica.

Quadro 2 - Lista de Produtos

Código	Descrição
SKU133	Eixo 133 mm
SKU146	Eixo 146 mm
SKU213	Peça 2 Cliente 13
SKU845	Peça 8 Cliente 45
SKU502	Peça 5 Cliente 2
SKU025	Porca t. 04
SKU100	Coroa d. 28

# II. Recursos para Produção

Como indicado anteriormente, a empresa é de porte pequeno, e tem uma máquina de cada tipo. A lista completa encontra-se detalhada no Quadro 3.

Quadro 3 - Recursos Produtivos

Código	Descrição
PPM	Preparação moldes
FOR	Forno
TOR	Torno
COR	Cortadeira
FRE	Fresadora
DOB	Dobradeira
FUR	Furadeira
LIX	Lixadora
POL	Polidora
RET	Retificadora

# III. Roteiros de Produção

Cada item deve passar por uma série de operações que o transformarão em produto acabado. A continuação, estão definidos os roteiros de cada um deles (Figuras 1 a 7).

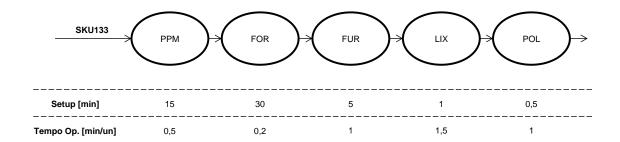


Figura 1 - Processo Produtivo: SKU133

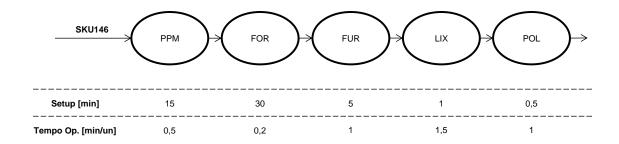


Figura 2 - Processo Produtivo: SKU146

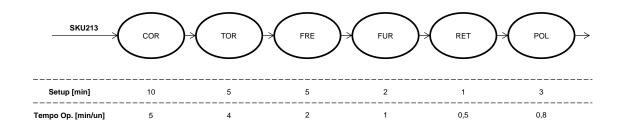


Figura 3 - Processo Produtivo: SKU213

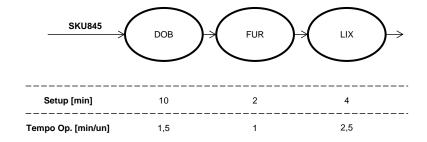


Figura 4 - Processo Produtivo: SKU845

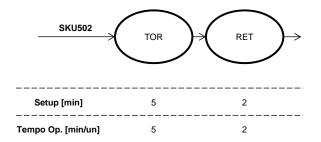


Figura 5 - Processo Produtivo: SKU502

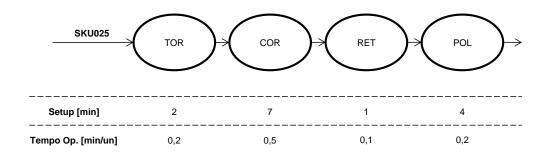


Figura 6 - Processo Produtivo: SKU025

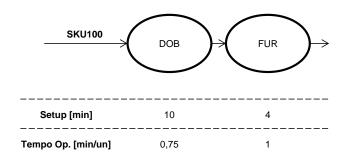


Figura 7 - Processo Produtivo: SKU100

#### IV. Calendário de Feriados

Um detalhe importante na programação detalhada da produção diz respeito ao calendário. Para esta primeira rodada de testes, considere os feriados (nacionais e da cidade de São Paulo) apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 - Dias Feriados

Descrição
Confraternização Universal
Fundação de São Paulo
Carnaval
Paixão de Cristo
Tiradentes
Dia do Trabalho
Corpus Christi

#### V. Sistema LEKIN®

Acesse ao site oficial do programa no seguinte link:

http://community.stern.nyu.edu/om/software/lekin/

Nessa página é possível obter uma cópia do software.

A Fábrica de Skates: um estudo de caso em

Planejamento e Controle da Produção

Etapa N° 5: Sistemas MRP ou Programação Finita?

Um novo projeto de Sistema PCP?

Como todos os anos, por volta de março, a Metal S.A. convida seus maiores

clientes, dentre eles o Sr. Norberto (proprietário da SK8 MRP) e seu filho (Gerente

de Produção), para que visitem e conheçam as novidades da empresa. Durante o

transcurso da visita técnica, o Gerente de Produção apresentou com muito orgulho o

novo Sistema de Programação Finita da Produção, responsável por uma redução

significativa do número de pedidos atrasados. O Sr. Norberto, muito interessado na

ferramenta, comentou com seu filho sobre a possibilidade de uso na sua empresa.

Então, o Sr. Rogério encomendou ao Engenheiro de Produção da SK8 MRP avaliar

a possibilidade de implantação de um APS (semelhante ao da empresa **Metal S.A.**)

na fábrica. Para o Engenheiro, não ficou muito claro se os sistemas deveriam operar

em conjunto ou se o novo sistema substituiria o anterior.

Objetivo de trabalho N° 5:

Elabore um relatório para o Sr. Rogério explicitando as diferenças entre as classes

de software e analisando a possiblidade de substituição ou integração dos sistemas.

Avalie o impacto da solução proposta na operação da fábrica. O Relatório executivo

deve conter de 3 a 5 páginas. Informações técnicas complementares podem ser

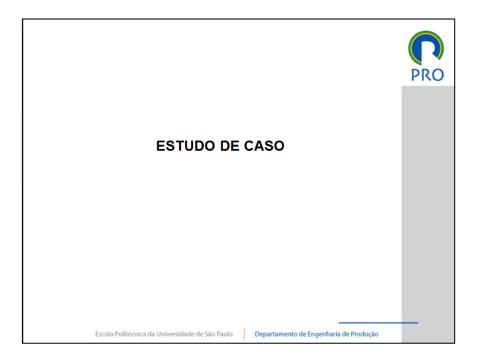
incluídas em anexo.

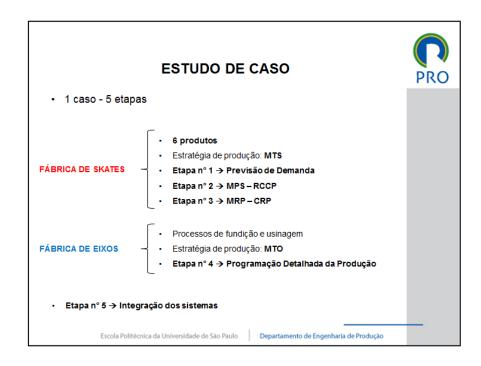
Sugestão: faça uma pesquisa bibliográfica (livros, artigos e teses) para apoiar a

elaboração do seu relatório à SK8 MRP. Inclua essas referências no relatório.

# **ANEXO E**

# APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO E ETAPA 1







# **ESTUDO DE CASO**



OBS: mesmos grupos formados para resolução das listas!

#### **ENTREGAS**

- Etapa 1: junto com a Lista de Previsão de Demanda
- Etapas 2 e 3: junto com a Lista de MRP
- Etapa 4: junto com a Lista de Programação da Produção
- Etapa 5: junto com a Lista de Produção Puxada

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo Departamento de Engenharia de Produção

# ESTUDO DE CASO - Etapa 1



#### PREVISÃO DE DEMANDA

#### Objetivos:

- 1. Elaborar o relatório solicitado.
- 2. Com os dados históricos de vendas:
- · Análise pormenorizada de cada uma das séries (considerando aleatoriedade, tendência, sazonalidade, outliers, etc)
- Para cada produto  $\Rightarrow$  previsões para os próximos três meses (outubro a dezembro de 2011). Apresentar os modelos de previsão escolhidos para cada produto e justificar a sua escolha.

Ferramentas: planilhas (Excel); software comercial (Minitab).

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo Departamento de Engenharia de Produção

# ESTUDO DE CASO - Etapa 1 PREVISÃO DE DEMANDA Dados: arquivo "txt" disponível no AVA Escola Politécnica da Universidade de São Paulo Departamento de Engenharia de Produção

# **ANEXO F**

# QUESTIONÁRIO: Levantamento das Práticas de Ensino em PCP

	Questionário - Levantamento das Práticas de Ensino em PCP		
	Prezado Professor,		
	O objetivo deste questionário é levantar as práticas de ensino de Planejamento e Controle da Produção e Estoques (PCP) nos cursos de Engenharia de Produção.		
	Asseguramos a confidencialidade de dados pessoais e o compromisso de compartilhar os resultados finais com os participantes.		
	Novamente agradecemos a sua valiosa colaboração.		
	*Obrigatório		
Identificação			
1. Nome completo: *			
2. Curso / Instituição: *			
3. Endereço de e-mail: Nesse endereço serão enviados os resultados do	questionário.		
4. Titulação: *			
O Professor Titular			
O Professor Associado			
O Professor Doutor			
C Professor Assistente			
O Outro:			
5. A quantos anos ministra a disciplina l	PCP? *		
○ Menos de 2 anos			
○ Entre 2 e 5 anos			
C Entre 5 e 10 anos			
C Mais de 10 anos			
Continuar »			
Tecnologia <u>Google Docs</u>			
<u>Denunciar abuso</u> - <u>Termos de Serviço</u> - <u>Termos Adici</u>	onals .		

Figura 63 – Questionário para Professores de PCP – Tela n°1

Tópicos referentes ao PCP
6. Inclui o tópico Material Requirements Planning - MRP, nas suas aulas? * ○ Sim ○ Não
7. Por favor, avalie a importância do tópico MRP na disciplina de PCP. *
1 2 3 4 5
Não importante C C C C Muito importante
8. Inclui o tópico Programação Finita (programação detalhada considerando capacidade finita dos recursos) nas suas aulas? *  C Sim C Não 9. Por favor, avalie a importância do tópico Programação Finita na disciplina. *
1 2 3 4 5
Não importante C C C C Muito importante
10. Por favor, avalie a importância de diferenciar as abordagens MRP (capacidade infinita) e APS (capacidade finita). * APS – Advanced Planning Systems – Sistemas de Planejamento que incluem programação finita entre outros módulos de apoio à decisão.  1 2 3 4 5
Não importante C C C C Muito importante
« Voltar Continuar »  Tecnologia Google Docs

Figura 64 – Questionário para Professores de PCP – Tela n°2

Estratégias de ensino
11. Utiliza técnicas de simulação na disciplina? *
1 2 3 4 5
Nunca C O C C Frequentemente
12. Se utiliza, por favor, indique que técnicas emprega. Selecione quantas opções desejar
☐ Simulação em Planilhas
☐ Simulação com Software de Simulação (Arena, ProModel, etc.)
☐ Simulação com Sistemas de Gestão (ERP, MRP, APS, etc.)
☐ Simulação com Software Didáticos (Acadêmicos)
☐ Simulação Situacional com os alunos (exemplo: beer game, kanban, balanceamento, etc.)
Outro:
13. Em quais tópicos?
□ Previsão de Demanda
☐ Controle de Estoques
□ Planejamento Agregado
□ Programação Mestra da Produção
□ MRP
□ Programação Detalhada da Produção
□ Programação de Projetos
☐ Sistemas de Produção Puxada
Outro:

Figura 65 – Questionário para Professores de PCP – Tela n°3

14. Emprega estudos de caso na disciplina? *
1 2 3 4 5
Nunca C C C C Frequentemente
15. Se emprega, por favor, indique que tipo de casos usa.
Selecione quantas opções desejar
☐ Casos didáticos - elaboração própria
☐ Casos didáticos - elaborados por terceiros
☐ Estudos de Casos reais publicados na literatura
☐ Estudos de Casos elaborados pelos alunos durante a disciplina
Outro:
16. Em quais tópicos?
□ Previsão de Demanda
☐ Controle de Estoques
□ Planejamento Agregado
□ Programação Mestra da Produção
□ MRP
□ Programação Detalhada da Produção
□ Programação de Projetos
☐ Sistemas de Produção Puxada
Outro:
17. Avalie a seguinte frase: "O uso de estudos de caso com uso de software (aplicativos) contribuem para melhoria do aprendizado em PCP". "
1 2 3 4 5
Discordo totalmente C C C C Concordo totalmente
18. Se emprega estudos de caso com uso de software (aplicativos), favor relatar brevemente sua experiência.
« Voltar Continuar »
Tecnologia Google Docs
Denunciar abuso - Termos de Serviço - Termos Adicionais

Figura 66 – Questionário para Professores de PCP – Tela n°4

# **ANEXO G**

E-mail convite para participar do questionário de Professores de PCP

Prezado Coordenador,

Estamos realizando uma pesquisa sobre ensino de Planejamento e Controle da Produção e Estoques (PCP) com professores da Engenharia de Produção que ministram esta disciplina na graduação. Solicitamos sua colaboração divulgando este e-mail para os professores de PCP que possam contribuir com a pesquisa, que contém 18 questões e tempo estimado de resposta de 15 minutos. O questionário encontra-se acessível no seguinte endereço eletrônico:

https://docs.google.com/spreadsheet/viewform?formkey=dFNNaDhZcnJKMmFvNFdWX2VRdlpjdXc6MQ

Ou ainda, no site do Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da USP, através do seguinte link:

http://pro.poli.usp.br/pesquisa/levantamento-das-praticas-de-ensino-em-pcp/

Asseguramos a não publicação de dados pessoais e o compromisso de compartilhar os resultados finais com os participantes.

Desde já agradecemos a sua colaboração.

Eng. Leonel Girotti (mestrando em Enga. de Produção)

Prof. Dr. Marco Aurélio de Mesquita (orientador)

PRO - POLI - USP

# Instituições de Ensino Superior dos respondentes do questionário

Tabela 20 – IES dos respondentes

Instituição de Ensino Superior	Sigla	Respostas
Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca	CEFET/RJ	1
Centro Paula Souza	-	1
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo	POLI-USP	2
Escola Superior de Engenharia e Gestão	ESEG	2
Faculdade Campo Limpo Paulista	FACCAMP	1
Faculdade Católica Salesiana do Espírito Santo	-	1
Faculdade de Extrema	FAEX	1
Faculdade Jaguariúna	FAJ	1
Faculdade Politécnica de Campinas	Policamp	1
Faculdade Salesiana Maria Auxiliadora	FSMA	1
Faculdades de Campinas	FACAMP	1
Faculdades Integradas São Pedro	FAESA	1
Faculdades Metropolitanas Unidas	FMU	1
Fundação Centro de Análise, Pesquisa e Inovação Tecnológica	Fucapi	2
Fundação Educacional de Divinópolis - Universidade Estadual de Minas Gerais	UEMG	1
Fundação Educacional Serra dos Órgãos	UNIFESO	1
Fundação Vanzolini - Curso em Gestão Industrial	FV - CEGI	1
Instituto de Estudos Socioeconômicos	INESC	1
Instituto Federal de Goias	IFG	1
Instituto Mauá de Tecnologia	-	2
Pontifícia Universidade Católica - Campinas	PUC-C	1
Pontifícia Universidade Católica - Paraná	PUC-PR	2
Pontifícia Universidade Católica - Rio de Janeiro	PUC-RJ	1
Sociedade Educacional de Santa Catarina	Sociesc	1
União de Ensino do Sudoeste de Paraná	UNISEP	1
Unidade Integrada Vale do Taquari de Ensino Superior	UNIVATES	1
Universidade Cidade de São Paulo	UNICID	1
Universidade de Caxias do Sul	UCS	1
Universidade do Estado de Mato Grosso	UNEMAT	1
Universidade do Estado do Amazonas	UEA	1
Universidade do Oeste de Santa Catarina	UNOESC	1
Universidade do Sul de Santa Catarina	UNISUL	1
Universidade Federal de Goiás	UFG	1
Universidade Federal de Ouro Preto	UFOP	1
Universidade Federal de Pelotas	UFPEL	1
Universidade Federal do Amazonas	UFAM	1
Universidade Federal do Triângulo Mineiro	UFTM	1
Universidade Federal Fluminense	UFF	1
Universidade Feevale	-	2
Universidade Luterana do Brasil	ULBRA	1
Universidade Presbiteriana Mackenzie	-	2
Universidade Salvador	Unifacs	1
Universidade Tecnológica Federal do Paraná	UTFPR	1
Universidade Veiga de Almeida	UVA	2
Não indicado	<u> </u>	1
TOTAL		53

# E-mail agradecimento por participar do questionário de Professores de PCP

Caro Professor (nome completo do Professor),

Agradecemos sua colaboração com a nossa pesquisa.

Agradecemos também a divulgação entre os seus colegas que ministram cursos de PCP.

Lembramos que os resultados finais serão divulgados por este mesmo meio.

Atenciosamente,

Eng. Leonel Girotti (mestrando em Enga. de Produção) Prof. Dr. Marco Aurélio de Mesquita (orientador)

PRO - POLI - USP