

DANILO BLOIS BONFATTI

**ESTIMATIVA DO TEMPO
DE PRODUÇÃO
EM UMA INDÚSTRIA
INTERMITENTE SOB ENCOMENDA**

**Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção
do Diploma de Engenheiro de Produção
Área Mecânica**

**SÃO PAULO
2003**

DANILO BLOIS BONFATTI

**ESTIMATIVA DO TEMPO
DE PRODUÇÃO
EM UMA INDÚSTRIA
INTERMITENTE SOB ENCOMENDA**

**Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção
do Diploma de Engenheiro de Produção
Área Mecânica**

**Orientador:
Melvin Cymbalista**

**SÃO PAULO
2003**

Aos meus pais,

AGRADECIMENTOS

Ao professor Melvin Cymbalista, pela orientação e contribuições;
Aos mestres e funcionários, pelos ensinamentos;
Aos amigos, que sempre estiveram presentes em minha vida;
Ao pessoal do Grupo Artes, que em muito contribuíram para a execução deste trabalho, e em especial, para Adriana, pela simpatia e prestatividade;
À meu pai, por apoiar e financiar meus estudos;
À minha família, pelos momentos agradáveis;
À Fabiana, pela companhia durante estes cinco anos de faculdade;
À minha mãe, pela alegria de tê-la e por tudo mais.

RESUMO

O presente trabalho propõe uma metodologia para o cálculo do tempo de produção dos pedidos em uma indústria intermitente sob encomenda. Este tema foi escolhido para suprir uma deficiência da empresa, que não possuia métodos para fazer esta estimativa. O trabalho está estruturado em 7 capítulos, nos quais estão transcritas todas as etapas necessárias para sua execução. A empresa onde foi realizado o trabalho chama-se Grupo Artes, especializada na produção de diplomas e certificados, é uma das maiores do país no ramo. O maior desafio para a realização deste trabalho foi a grande variedade das encomendas. Atualmente a empresa vem utilizando a metodologia proposta, já que esta se mostrou eficiente ao ser aplicada. Inúmeros benefícios puderam ser observados a partir da estimativa de produção, dentre eles destacam-se: satisfação do cliente, que passou a ser informado corretamente sobre o prazo de entrega, e o controle da produção.

ABSTRACT

The present work proposes a methodology for the calculation of the time of production of the requests in an intermittent industry under order. This theme was chosen to supply a deficiency of the company, that didn't possess methods to estimate that. The work is structured in 7 chapters, which transcribes all necessary stages for execution. The company where the work was accomplished calls Grupo Artes, specialized in the production of degrees and certificates; it is one of the largest in the country. The great variety of the orders was considered the largest challenge for the accomplishment of this work. Nowadays, the company is using the proposed methodology because that has shown efficient when applied. With the estimate of production countless benefits could be observed, among them stand out: the customer's satisfaction, that passed to be informed correctly about the period of delivery, and the control of the production.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 A empresa	1
1.2 Mercado alvo da empresa	1
1.3 Produtos fabricados pela empresa	2
1.3.1 Produto principal	2
1.3.2 Produtos complementares	3
1.4 Expectativa dos clientes	3
1.4.1 Critérios ganhadores de pedidos	4
1.4.2 Fatores qualificadores	5
1.5 Definição do problema	7
1.6 Desenvolvimento do trabalho	8
CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA	10
2.1 Hierarquia do planejamento	10
2.2 Tipo de produção nas indústrias	12
2.3 Gestão de estoque	13
2.3.1 Tipos de estoque	14
2.3.2 Modelos de estoques	15
2.3.3 Dimensionamento de lotes	16
2.4 Previsão de demanda	16
2.5 Estrutura do produto	18
2.6 Planejamento agregado	19
2.7 Sequenciamento	20
2.7.1 Regras de sequenciamento	20
2.8 Gráfico de Gantt	22
2.9 Capacidade de produção	24
2.9.1 Caso de um produto	24
2.9.2 Caso de vários produtos	26
2.9.3 Recurso limitante	27
2.10 Cargas de trabalho	27
2.10.1 Cargas de trabalho na indústria intermitente	28
2.10.2 Fixação para o prazo de entrega	29
2.11 Gargalos	30
CAPÍTULO 3 - MAPEAMENTO DO PROCESSO E DOS PRODUTOS	32
3.1 Produtos produzidos pela empresa	32
3.1.1 Variedade de diplomas	32
3.2 Mapeamento do processo produtivo	33

3.2.1 Turno de trabalho dentro da empresa	33
3.2.2 Da encomenda a entrega	33
3.2.3 Operações relevantes para estimativa do tempo	34
3.2.4 Capacidade produtiva de cada setor	41
3.2.5 Fluxo dos pedidos	43
3.3 Tipo de produção e estrutura do produto	47
3.4 Gestão de estoque na empresa	48
3.5 Previsão da demanda	49
3.6 Regra de sequenciamento adotada pela empresa	50
CAPÍTULO 4 - METODOLOGIA	52
4.1 Considerações iniciais sobre o problema a ser solucionado	52
4.2 A existência de um gargalo na produção	52
4.3 Etapas da solução do problema	53
4.3.1 Mapeamento da produção	54
4.3.2 Detectando o gargalo	55
4.3.3 Agrupamento dos diplomas	58
4.3.4 Medição dos tempos e estimativa de pedidos urgentes	59
4.4 Acompanhamento da produção pelo gráfico de Gantt	60
4.5 Caso da existência de um gargalo versus não existência	60
CAPÍTULO 5 - APLICAÇÃO E APROFUNDAMENTO DA METODOLOGIA	61
5.1 Considerações iniciais	61
5.2 Centros de operação	62
5.3 Agrupamento dos diplomas	63
5.4 Tempos envolvidos em cada processo	69
5.5 Formulação matemática	73
5.5.1 As matrizes de tempo	73
5.5.2 Simplificação da nomenclatura	75
5.5.3 Preenchimento da Matriz de tempos acumulados	76
5.5.4 A determinação da folga	78
5.6 A existência do gargalo	79
CAPÍTULO 6 - APLICAÇÃO DA METODOLOGIA	82
6.1 Considerações iniciais	82
6.2 Transformações ocorridas dentro da empresa	82
6.3 Determinação do gargalo	84
6.3.1 Aplicação da rotina das pastas datadas	84
6.3.2 Análise dos pedidos urgentes	87
6.4 Estimativa do tempo de passagem pelo processo gargalo	89
6.5 Estimativa do tempo de produção de um pedido	90

6.6 Utilização do modelo pela empresa	96
CAPÍTULO 7 - SUGESTÕES E CONCLUSÕES	98
 7.1 Resultados obtidos	98
 7.2 Sugestões a serem aplicadas no controle de qualidade	99
7.2.1 Análise dos pedidos verificados pelo controle de qualidade	100
 7.3 Conclusões finais	104
ANEXOS	105
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1: Gráfico da produção anual versus material do diploma (elaborado pelo autor)</i>	2
<i>Figura 2: Gráfico da produção anual versus tamanho do diploma (elaborado pelo autor)</i>	3
<i>Figura 3: Hierarquia de planejamento - extraído de SANTORO (2001)</i>	10
<i>Figura 4: Gráfico da capacidade das seções – adaptado de ZACCARELLI (1973)</i>	25
<i>Figura 5: Fluxograma de preparação de matéria-prima (elaborado pelo autor)</i>	36
<i>Figura 6: Fluxograma de tipografia de moldura ou de logo (elaborado pelo autor)</i>	38
<i>Figura 7: Fluxograma de tipografia de texto (elaborado pelo autor)</i>	39
<i>Figura 8: Fluxo A (elaborado pelo autor)</i>	44
<i>Figura 9: Fluxo B (elaborado pelo autor)</i>	45
<i>Figura 10: Fluxo C (elaborado pelo autor)</i>	46
<i>Figura 11: Matriz de tempos (elaborado pelo autor)</i>	74
<i>Figura 12: Matriz de tempos acumulados (elaborado pelo autor)</i>	75
<i>Figura 13: Retrato da matriz de tempos com a existência de um gargalo (elaborado pelo autor)</i>	80
<i>Figura 14: Gráfico dos tempos de processamento para o pedido 8145 (elaborado pelo autor)</i>	89
<i>Figura 15: Gráfico da freqüência dos tempos de verificação dos diplomas (elaborado pelo autor)</i>	101
<i>Figura 16: Gráfico da freqüência dos tempos de verificação dos diplomas sem defeito (elaborado pelo autor)</i>	102
<i>Figura 17: Gráfico da freqüência dos tempos de verificação dos diplomas com defeito (elaborado pelo autor)</i>	103

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1: Tempos de processamento disponíveis por setor (elaborado pelo autor)</i>	42
<i>Tabela 2: Código dos setores (elaborado pelo autor)</i>	64
<i>Tabela 3: Grupos dos processos (elaborado pelo autor)</i>	68
<i>Tabela 4: Códigos dos atributos dos pedidos (elaborado pelo autor)</i>	69
<i>Tabela 5: Códigos dos tempos (elaborado pelo autor)</i>	69
<i>Tabela 6: Aplicação da rotina das pastas datadas (elaborado pelo autor)</i>	86
<i>Tabela 7: Estimativa da finalização de um conjunto de pedidos (elaborado pelo autor)</i>	92
<i>Tabela 8: Pedidos urgentes verificados no período de 1-out. até 28-out. (elaborado pelo autor)</i>	95
<i>Tabela 9: Diplomas que tiveram seus tempos cronometrados (elaborado pelo autor)</i>	101
<i>Tabela 10: Diplomas verificados no dia 6 de outubro de 2003 (elaborado pelo autor)</i>	107
<i>Tabela 11: Diplomas verificados no dia 7 de outubro de 2003 (elaborado pelo autor)</i>	107
<i>Tabela 12: Diplomas verificados no dia 8 de outubro de 2003 (elaborado pelo autor)</i>	107
<i>Tabela 13: Diplomas verificados no dia 9 de outubro de 2003 (elaborado pelo autor)</i>	108
<i>Tabela 14: Diplomas verificados no dia 10 de outubro de 2003 (elaborado pelo autor)</i>	108

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- CQ - Setor de Controle de Qualidade e Acabamento
- CQi - Grupo do Setor de Controle de Qualidade e Acabamento, sendo que i pode variar de 0 a 1
- I - Setor de Impressão
- Ii - Grupo do Setor de Impressão, sendo que i pode variar de 0 a 9
- OP - Ordem de Produção
- PM - Setor de Preparação de Matéria-prima
- PMi - Grupo do Setor de Preparação de Matéria-prima, sendo que i pode variar de 0 a 6
- TL - Setor de Tipografia de Logo
- TLi - Grupo do Setor de Tipografia de Logo, sendo que i pode variar de 0 a 1
- TM - Setor de Tipografia de Moldura
- TMi - Grupo do Setor de Tipografia de Moldura, sendo que i pode variar de 0 a 1
- TT - Setor de Tipografia de Texto
- TTi - Grupo do Setor de Tipografia de Texto, sendo que i pode variar de 0 a 1

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1 A empresa

O Grupo Artes é uma empresa familiar, com uma estrutura simples que atua no mercado de diplomas, certificados e homenagens. Localizada no bairro de Pinheiros, em São Paulo, iniciou suas atividades em 1958 e hoje conta com cerca de 30 funcionários que são responsáveis pelo recebimento, fabricação e distribuição de pedidos de clientes de todo Brasil. Seu público alvo se localiza principalmente em São Paulo, pela facilidade de comunicação e custos de entrega reduzidos. A produção anual de 2002 foi cerca de 60 mil diplomas. Desde sua criação, a empresa já produziu mais de 1 milhão de diplomas. Este trabalho foi desenvolvido durante estágio realizado na área de PCP desta empresa.

Sua missão é: “ser uma empresa profissional e diferenciada que tenha e mantenha um programa de qualidade em seus trabalhos e serviços, além de proporcionar um alto grau de satisfação de seus clientes internos e externos, que os surpreendam e encantem sempre”

1.2 Mercado alvo da empresa

O mercado alvo do Grupo Artes é formado por escolas, instituições de ensino superior, empresas, hospitais e entidades de Classe. Um fato importante deste mercado consumidor é que cada cliente é uma fonte constante de demanda, portanto, um serviço de qualidade representa a fidelidade desses clientes.

1.3 Produtos fabricados pela empresa

1.3.1 Produto principal

Os principais produtos produzidos pela empresa são os diplomas e certificados. Estes podem ser produzidos em: pergaminho animal, cartão opaline, cartão martelado 180 gramas, cartão color plus, cartão telado, cartão casca de ovo, cartão verge, cartão marina, cartão vegetal 160 e 230 gramas. A distribuição em volume de produção do material dos diplomas citados acima, para o ano de 2002, pode ser vista no gráfico abaixo:

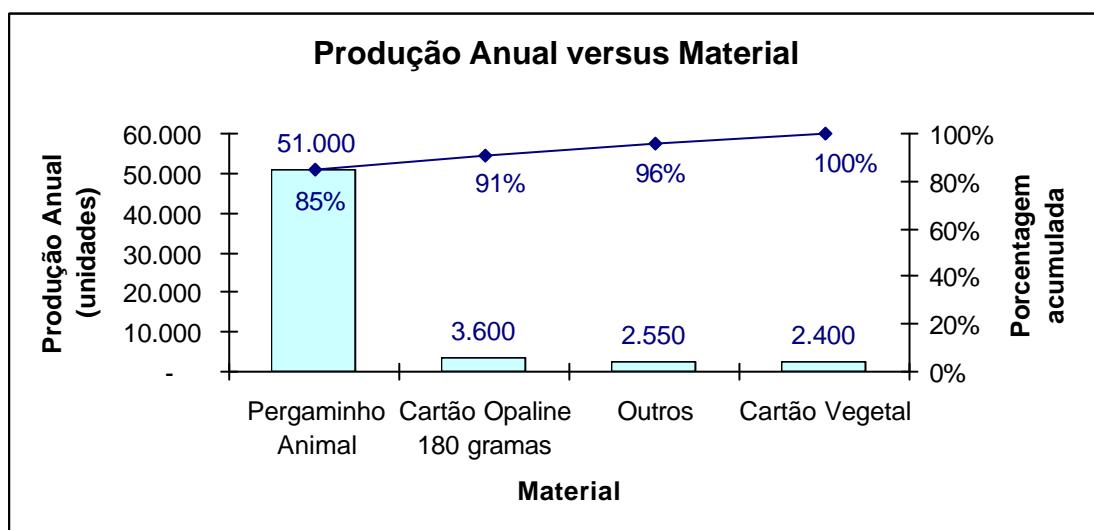


Figura 1: Gráfico da produção anual versus material do diploma (elaborado pelo autor)

Quanto ao tamanho, quatro são os principais, juntos constituem 99% da produção, são eles:

- ✓ formato padrão: 21,5 por 32,0 centímetros
- ✓ diplomas de homenagem: 29,0 por 39,0 centímetros
- ✓ diplomas para algumas universidades: 35,0 por 45,0 centímetros
- ✓ diplomas para a AMB (Associação Médica Brasileira): 25,0 por 35,0 centímetros

O gráfico a seguir mostra a produção média anual de produção destes tamanhos:

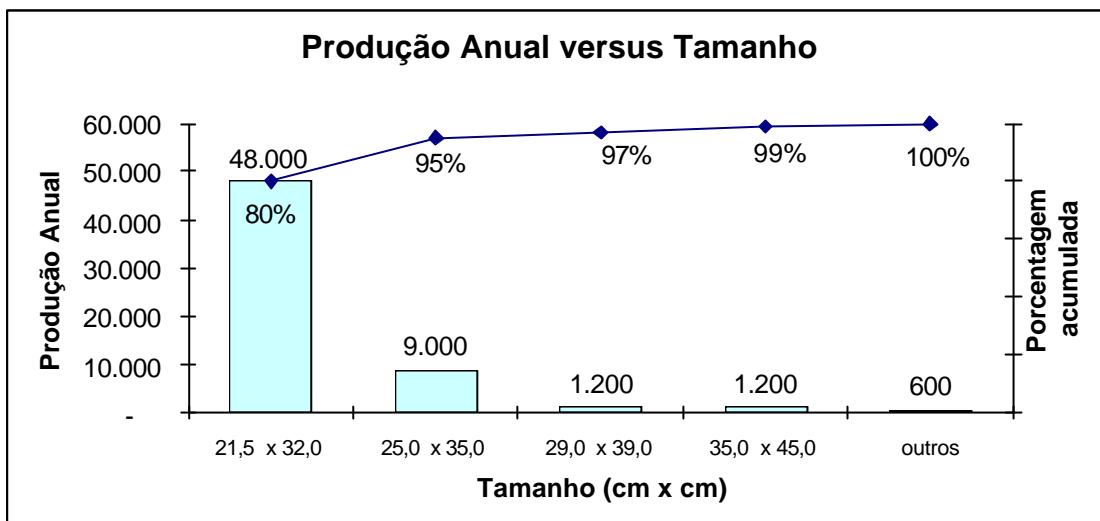


Figura 2: Gráfico da produção anual versus tamanho do diploma (elaborado pelo autor)

1.3.2 Produtos complementares

A empresa também pode oferecer capas protetoras e canudos aos seus clientes. Existe uma linha de produção paralela para a produção de capas e os canudos podem ser encomendados de uma outra empresa. O trabalho que esta sendo desenvolvido abordará a produção apenas dos diplomas, já que o problema, que será exposto mais à frente, está nesta linha de produção.

1.4 Expectativa dos clientes

Ao encomendar um serviço, o cliente tem expectativas essenciais para sua satisfação e consequente reutilização desses serviços. Segundo SLACK (1997), além dos critérios ganhadores de pedidos, existem critérios qualificadores, que podem melhorar a impressão do cliente sobre o serviço prestado. O objetivo desta análise é melhorar o desempenho nos aspectos em que os clientes consideram relevantes e que a empresa não esteja com um bom desempenho.

1.4.1 Critérios ganhadores de pedidos

Os critérios ganhadores de pedidos são os fatores que direta e significativamente influenciam o cliente para a realização de um negócio. Os consumidores consideram esses fatores fundamentais para escolha de algum serviço. Um aumento no desempenho de algum destes fatores resultará em mais pedidos para a empresa prestadora do serviço. Dentre os fatores competitivos essenciais no ramo da empresa, pode-se destacar:

↳ Informação correta nos produtos

É imprescindível para o cliente que todas as informações solicitadas em um diploma estejam corretas. A empresa possui controle de qualidade que é capaz de filtrar e corrigir erros, no entanto, caso sejam identificados posteriormente pelo cliente, a empresa se compromete a corrigi-los de maneira rápida e eficiente. Mesmo em casos de erros efetuados pelo cliente, pelo envio de listagens erradas, por exemplo, o Grupo Artes, em alguns casos, se responsabiliza financeiramente pelos erros, oferecendo suporte para correção.

↳ Cores adequadas

Neste critério não está sendo considerada a variedade de cores que a empresa oferece para seus clientes, mas sim a conformidade da cor que foi acordada na encomenda do pedido com a cor em que o pedido foi entregue. Para garantir a fidelidade do produto, os operadores possuem em mãos o molde do cliente e havendo qualquer diferença entre eles, a produção é interrompida e a cor que esta sendo utilizada é substituída.

↳ Dimensões corretas

É necessário que os diplomas tenham as especificações acordadas: o tamanho da moldura, da letra e da logomarca. Ao receber os diplomas, o cliente espera que estes

estejam exatamente iguais ao modelo aprovado. Como os funcionários que trabalham na linha de produção possuem um molde modelo, a divergência é facilmente notada.

↳ Preço

O nível de importância deste item varia de acordo com cada cliente, no entanto, é sempre incluso em qualquer comparação que envolva uma tomada de decisão. A empresa busca uma diferenciação por qualidade, por isso, os preços praticados não são o grande diferencial. Por outro lado, são competitivos quando comparados com empresas que fornecem o produto no mesmo padrão.

↳ Tempo de entrega do pedido

Pode ser considerado tanto um critério ganhador de pedido quanto qualificador, dependendo da necessidade do cliente. No caso de certificados de homenagem, por exemplo, que devem ser entregues em datas comemorativas, os pedidos devem ficar prontos até a data acordada. O prazo de entrega padrão fornecido para um pedido é de 30 dias. Em casos de urgência, o cliente costuma informar a data limite para entrega da encomenda e todos os esforços da firma são focados nesta produção, podendo atrasar os outros pedidos. O principal problema da empresa é a falta de dados que possibilitem a estimativa correta do prazo de entrega, com isso, alguns clientes satisfeitos com o prazo de 30 dias fornecido, acabam tendo problemas, já que este muitas vezes não é cumprido.

1.4.2 Fatores qualificadores

Os critérios qualificadores não são os principais determinantes para garantir o sucesso competitivo, entretanto, devem estar acima de um determinado nível para serem aceitos pelos clientes. Dentre os fatores qualificadores, no ramo da empresa, podemos destacar :

↳ Tempo de entrega do pedido

Para determinadas situações, o tempo de entrega não é um fator essencial e sim um fator qualificador, associado à confiabilidade da empresa, tudo depende da visão do cliente, isso porque muitas vezes este não necessita que o diploma seja entregue exatamente em uma certa data. Isso ocorre freqüentemente em universidades que não entregam o diploma nas festas comemorativas. Conforme mencionado anteriormente, o prazo de entrega é de 30 dias, entretanto, o pedido freqüentemente era entregue entre 30 e 60 dias, causando uma má impressão. A empresa reconhece que não possui meios de fornecer uma estimativa precisa ao cliente.

A empresa tem a consciência de que esta é uma falha que precisa ser corrigida. Podendo determinar em quanto tempo qualquer pedido que se encontra na fila será finalizado, além de deixar seus clientes corretamente informados, terá condições de saber se deve aceitar um novo pedido, se precisa aumentar sua capacidade produtiva e finalmente controlar o andamento da produção.

↳ Durabilidade do diploma

Outro fator qualificador é a durabilidade do diploma. São consideradas as manutenções da coloração do papel, da escrita e das cores empregadas na impressão do diploma. Este fator não é percebido imediatamente, entretanto o Grupo Artes utiliza processos e materiais que garantirão uma longevidade ao produto, mantendo o cliente sempre satisfeito e fiel aos seus serviços.

↳ Rugosidade do material

Os diplomas em pergaminho animal possuem porosidades e rugosidades e, ao contrário da durabilidade, estas características podem ser percebidas no momento do recebimento do diploma. Para garantir uma boa percepção do cliente, o setor de corte do pergaminho efetua o lixamento para torná-lo o mais liso possível. Ao final do

processo, o controle de qualidade é responsável por retocar ou rejeitar os produtos que não apresentarem o padrão de qualidade da empresa.

↳ Rapidez na correção de falhas

A maioria das falhas é detectada pelo controle de qualidade, no entanto algumas podem ser percebidas apenas pelo cliente. Dessa maneira, uma correção de falhas eficiente e a forma como este tipo de problema é solucionado influenciam na imagem junto ao cliente, independente da origem do erro. Possuindo esta consciência, os vendedores da empresa procuram fornecer a melhor assistência aos clientes para correção de falhas.

↳ Variedade de opções para a produção do produto

O Grupo Artes possui uma grande variedade de cores, tipos, formatos de letra, papel e design para oferecer aos seus clientes. Esses são fatores importantes no momento de fechamento de um negócio. Quanto melhor a vontade do cliente puder ser retratada, maiores serão as chances do cliente contratar os serviços. Caso a empresa não tenha condições mínimas de retratar o logo de uma universidade, por exemplo, provavelmente este cliente não contratará o serviço.

1.5 Definição do problema

Atualmente, a empresa não possui meios de prever os tempos de entrega dos pedidos, tanto já iniciados, quanto novos, solicitados. Após analisar a expectativa dos clientes, chegou-se a conclusão que a falta de capacidade de previsão deste tempo é o problema que deve ser resolvido. Na realidade, o verdadeiro problema é poder medir o tempo de produção. Sendo capaz de mensurar o tempo necessário para a produção de uma série de pedidos, a empresa será capaz de fornecer dados corretos ao cliente, não se comprometendo a executar tarefas que não seja capaz. De maneira geral, o prazo que é informado aos clientes é o de 30 dias para encomendas, baseado no prazo dado pela concorrência.

Na maioria dos casos, os clientes não possuem grande urgência para a execução dos pedidos, e por isso nunca foi uma grande preocupação da empresa entregar os produtos na data acordada. Entretanto, nos últimos tempos o aumento da concorrência e a busca da excelência na prestação de serviços, tornam importante o cumprimento do que foi acordado.

Uma empresa que cumpre o que foi combinado com o cliente transmite uma imagem de confiabilidade e segurança, essencial para que o cliente volte a negociar com a empresa. Este trabalho visa munir a empresa com informações e ferramentas a fim de se calcular a previsão de produção dos pedidos. Dessa forma, a empresa terá condições de, além de fornecer prazos corretos a seus clientes, ser capaz de medir a capacidade de produção da empresa.

Ao final deste projeto, temos como objetivo aumentar a satisfação dos clientes. Com isso espera-se que mais clientes se tornem fiéis à empresa. Este tipo de resultado só é percebido no longo prazo, entretanto a capacidade de mensurar em quanto tempo um pedido ficará pronto, pode ser facilmente verificada, o que facilitará a avaliação sobre a relevância deste trabalho.

1.6 Desenvolvimento do trabalho

Este trabalho foi desenvolvido em 7 capítulos, que possibilitaram que todos os conceitos e aplicações pudessem ser transmitidos. No capítulo 2, foi feita a revisão da literatura, nele são expostos os conceitos mais relevantes que foram usados, tanto para caracterizar a produção na empresa, quanto para obter uma metodologia capaz de solucionar o problema. O capítulo 3 é um mapeamento da produção, descrevendo as principais atividades realizadas e caracterizando a empresa de acordo com os conceitos estabelecidos no capítulo anterior. No capítulo 4 e 5 foi descrita a metodologia utilizada neste trabalho, sendo que no primeiro são introduzidas as idéias e no segundo os conceitos são aprofundados a fim de possibilitar sua aplicação. O resultado da aplicação pode ser encontrado no capítulo 6. Finalizando, o

capítulo 7, conclui o trabalho e introduz sugestões para que um novo trabalho possa ser desenvolvido dentro da empresa.

CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Hierarquia do planejamento

Neste capítulo serão apresentados alguns conceitos sobre PPCP, planejamento programação e controle da produção, que foram considerados essenciais para o entendimento deste trabalho. Procurou-se aqui, utilizar os conceitos que mais se aplicam à empresa onde se está sendo realizado o trabalho.

Inicialmente será apresentado um fluxo contido em uma publicação do professor SANTORO (2001). Este fluxo explicita claramente a hierarquia do planejamento.

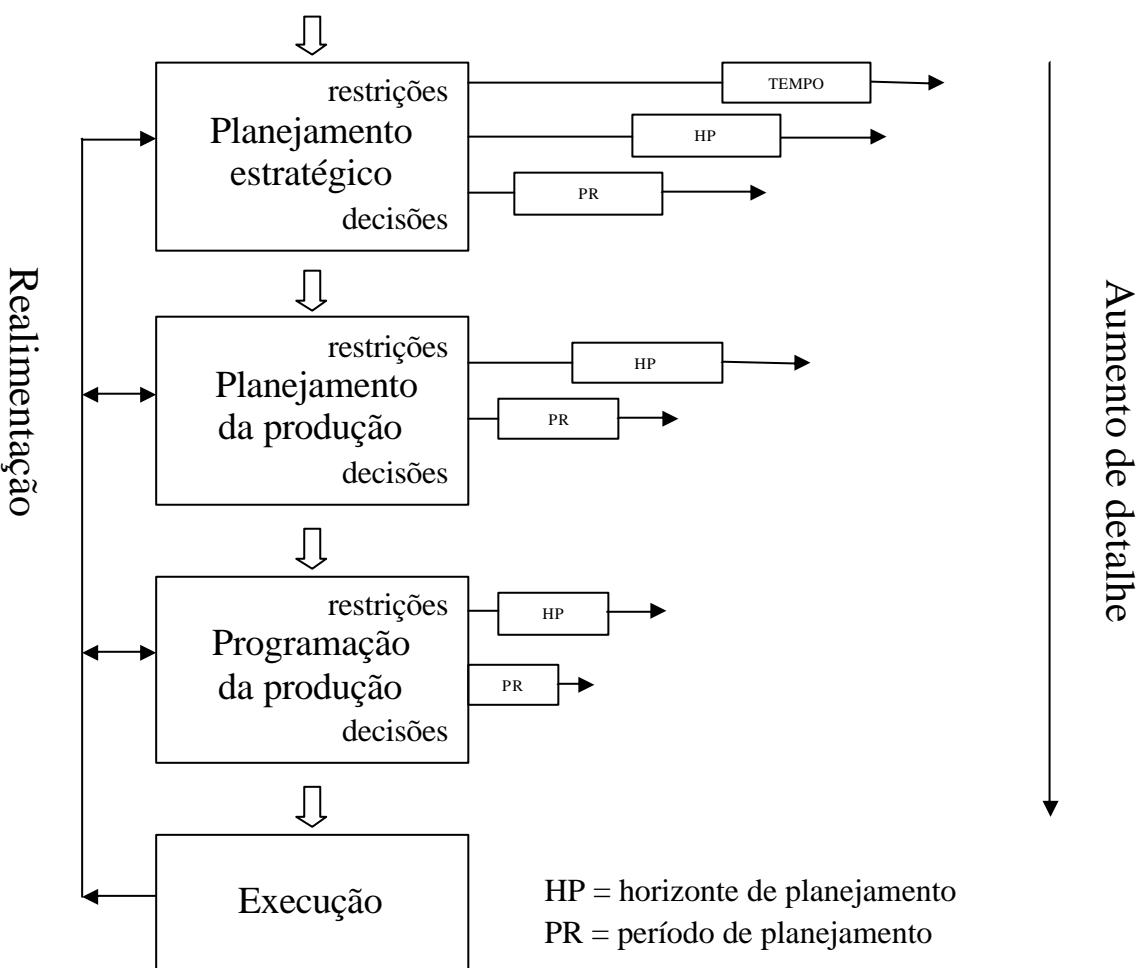


Figura 3: Hierarquia de planejamento - extraído de SANTORO (2001)

Através deste fluxo podemos notar 3 níveis hierárquicos de planejamento:

- ↳ Planejamento estratégico: é o que representa as decisões que devem ser tomadas a fim de se alcançar os objetivos da organização, quais devem ser estes objetivos e todo o planejamento das instalações da empresa. Este planejamento define a instalação da capacidade no sistema de produção da empresa, possui horizonte de planejamento longo e é decidido pela alta hierarquia. Por se tratar de decisões de longo prazo, torna-se difícil à realização de replanejamentos constantes. Trabalha com informações agregadas, com pequeno detalhamento, além disso, existe grande risco e incerteza nas decisões tomadas.
- ↳ Planejamento da produção: o estágio intermediário da hierarquia, as restrições neste nível serão definidas pelas decisões do planejamento estratégico. Trata-se de um processo de decisão baseado em informações agregadas, devido ao grande número de variáveis ainda é impossível chegar a um grande detalhamento. Este planejamento fornece os dados básicos para que possa ser executada a programação da produção. Controla e assegura que os recursos sejam utilizados de maneira correta, direcionando as verbas para que o planejamento estratégico seja atingido. Possui um horizonte de planejamento menor do que o planejamento estratégico, podendo ser considerado de médio prazo. Neste nível, a busca resultados ocorre dentro da fábrica, sendo que as pessoas envolvidas devem possuir um bom grau de instrução. O replanejamento pode ser feito em uma freqüência média e o grau de risco, bem como o nível de precisão, também podem ser considerados em um nível intermediário quando comparados com o planejamento estratégico e a programação da produção.
- ↳ Programação da produção: processo que envolve informações individualizadas para cada pedido. Decisões definidas no planejamento passam a ser detalhadas. São definidas as quantidades exatas de cada produto a serem produzidas, bem como a data em que isso deve ocorrer e quanto isto deve durar. As decisões são tomadas em curto prazo, determinadas por funcionários menos qualificados do que os envolvidos no planejamento estratégico e planejamento da produção. Existe a necessidade de

uma grande precisão e detalhamento das informações. A quantidade de replanejamentos é alta e o risco destas decisões é relativamente baixo.

O nível que será mais discutido neste trabalho está relacionado à programação da produção, portanto os conceitos a serem abordados estarão mais ligados a este setor. Sobre o planejamento da produção pouco será discutido.

2.2 Tipo de produção nas indústrias

Baseado nas publicações de SANTORO (2001) e de BUFFA; TAUBERT (1972), foram encontrados diversos tipos de indústrias, dentre eles podemos destacar seis:

- ↳ Estoque puro: nestas empresas não existe a produção, a organização apenas compra os produtos e os revende, sendo apenas um intermediário do negócio.
- ↳ Contínua pura: empresa que produz apenas um produto, não existindo diferenciação. A demanda por este produto geralmente é grande, não existe variação no roteiro da produção e há uma grande quantidade de intermediários entre a empresa e o consumidor.
- ↳ Contínua com diferenciação: empresa que produz poucos produtos, existindo pouca diferenciação. A demanda por estes produtos geralmente é grande, existe pouca variação no roteiro da produção e há uma grande quantidade de intermediários entre a empresa e o consumidor.
- ↳ Intermittente repetitiva: empresa que produz uma quantidade razoável de produtos, consequentemente existe uma certa diferenciação na produção. A demanda por estes produtos geralmente é menor que na indústria contínua, existe uma variação média no roteiro da produção e há uma pequena quantidade de intermediários entre a empresa e o consumidor.

- ↳ Intermítente sob-encomenda: empresa que produz uma quantidade grande de produtos, consequentemente existe uma grande diferenciação na produção. A demanda por estes produtos é pequena, existe uma variação de média para grande no roteiro da produção e geralmente não há intermediários entre a empresa e o consumidor.
- ↳ Projetos: empresa que produz uma quantidade grande de produtos, cada produto é único, dificilmente dois produtos iguais serão produzidos, desta forma a diferenciação entre os produtos produzidos é imensa. A demanda por estes produtos é pequena, existe uma grande variação no roteiro da produção e não há intermediários entre a empresa e o consumidor.

Os tipos de produção que uma empresa pode possuir foram aqui descritos, pois através deles pode-se determinar qual será o modelo de planejamento e programação da produção. De acordo com SANTORO (2001), no caso de empresas com produção intermitente, o modelo de planejamento mais adequado é o planejamento agregado e o modelo de programação o sequenciamento. Como o modelo de produção da empresa é o intermitente, como será visto no capítulo 3, esta revisão bibliográfica abordará com maior ênfase estes modelos de planejamento e programação.

2.3 Gestão de estoque

As definições dadas aqui serão baseadas em SLACK (1997), ZACCARELLI (1973) e também em SANTORO (2001). Será feito um apanhado destes três trabalhos, já que se chegou a conclusão que o conjunto deles será útil para a exposição de conceitos sobre este tema.

Primeiramente é necessário saber a definição de estoque, talvez a melhor resposta para essa indagação seja a de geração de independência entre o processo produtivo e a demanda pelo produto oriundo deste. Podem existir diversos materiais a serem estocados, segundo ZACCARELLI (1973), temos:

- ✓ Estoque de suprimentos

- ✓ Estoques de matéria-prima
- ✓ Estoque de materiais em processamento ou estoques em trânsito (inclui materiais entre uma operação e a seguinte)
- ✓ Estoque de materiais semi-acabados (materiais estocados após algumas operações)
- ✓ Estoque de materiais acabados (peças isoladas e submontagens)
- ✓ Estoque de produtos acabados

Cada um destes estoques serve para criar independência em relação ao processo que produziu o produto estocado. No caso da matéria-prima, por exemplo, tendo a empresa uma grande quantidade em estoque, ela se torna independente de seus fornecedores enquanto durar este estoque; no caso dos produtos acabados, uma grande demanda pelos produtos da empresa pode ser prontamente atendida caso existam estoques, na ausência destes, todos os processos da empresa para a produção do produto deverão ser realizados, o que muitas vezes necessitará de muito tempo, podendo haver a perda do pedido.

2.3.1 Tipos de estoque

Os estoques também podem ser classificados de acordo com suas funções, baseado em SLACK (1997) e BUFFA (1979), podemos ter:

- ↳ Estoque em processo: esse tipo de estoque está relacionado com o período de permanência no sistema enquanto ocorre a montagem ou processamento.
- ↳ Estoque isolador ou de segurança: este estoque é mantido para que possíveis compradores do produto não o deixem de fazê-lo por sua falta. Sua existência pode ser útil em casos de erros no modelo de previsão de demanda ou a outros motivos, como falhas em equipamentos.
- ↳ Estoque no canal ou de distribuição: este é o produto a caminho do destino. Quando algum consumidor faz um pedido, a empresa a fornecer este produto deve

separá-lo para entregar, a partir deste momento este estoque não está disponível para outro cliente a não ser para o cliente que o encomendou, entretanto o produto ainda não foi entregue, logo, ainda é de responsabilidade da empresa produtora.

↳ Estoque de antecipação ou sazonal: este estoque geralmente é usado com produtos que possuem demanda sazonal. Quando as vendas de um produto são bem maiores em um período do que em outro, pode se fazer estoque para conseguir satisfazer a demanda no período de maiores vendas, para evitar que a empresa fique ociosa durante o período de menor demanda ou que se aumente à capacidade da empresa no período de maior demanda.

↳ Estoques de componentes intermediários: estoque que reduz a dependência entre as etapas do processo produtivo. São os estoques permanentes dentro da fábrica, evitando que um distúrbio em algum setor se propague para o restante da linha. A definição deste estoque parece ser semelhante à de estoques em processo, entretanto a de se notar uma diferença sutil, enquanto que o estoque em processo existe porque o processamento seguinte ainda não pode ser executado, o estoque de componentes intermediários existe exatamente para que o processo seguinte não fique ocioso esperando que o processo anterior encerre o processamento.

2.3.2 Modelos de estoques

Existem modelos de estoques que as empresas costumam adotar, aqui serão apresentados os dois que são encontrados dentro do Grupo Artes.

↳ Modelo do estoque mínimo: nesta situação é mantido sempre um estoque mínimo de segurança que garantirá que a produção nunca pare. Quando o estoque chega neste nível, deve ser feito outro pedido. O estoque mínimo deve ser suficiente para suprir a demanda durante o intervalo de tempo necessário para a reposição do estoque. Neste modelo o período entre as reposições não é constante.

↳ Modelo da reposição periódica: como o próprio nome diz, neste caso a reposição de estoques é feita em intervalos cíclicos. Existe uma quantidade de referência para o estoque, que deve ser o nível de estoque ao final de cada período, desta forma a quantidade a ser resposta é variável e será determinada pela diferença entre a quantidade de referência e o nível de estoque ao final do período.

2.3.3 Dimensionamento de lotes

Para se encerrar a gestão de estoques, ainda é necessário mencionar o dimensionamento de lote. Apesar de ser um ponto muito importante, este tópico não será muito aprofundado, já que a empresa não usa nenhum modelo para dimensionar seus lotes.

O modelo mais simples talvez seja o do lote econômico, este procura dimensionar o lote a ser comprado em cada ordem, minimizando o custo total, composto basicamente pelo custo de aquisição e pelo custo de armazenamento. Este modelo é facilmente encontrado em qualquer bibliografia que dedique algumas páginas a gestão de estoques.

2.4 Previsão de demanda

A previsão da demanda é uma tentativa de antever o que ocorrerá no futuro. Qualquer previsão se baseia em fatores externos incontroláveis, podendo ser alterados por diversos motivos após a execução da previsão. Uma boa previsão deve considerar todas as possibilidades e indicar o cenário mais provável, entretanto deve também antever como eventos inesperados alterarão o que foi previsto.

Os modelos de previsão de demanda podem possuir várias serventias para uma empresa. Munida de uma estimativa, a empresa pode gerenciar estoques e planos de produção para ser capaz de atender toda a demanda. Neste aspecto é possível notar a importância de um bom modelo, já que uma previsão errada pode acarretar em decisões estratégicas incorretas que significarão grande risco para a empresa. Neste

item estão sendo analisadas as previsões de demanda e sendo expostos conceitos de acordo com SLACK (1997) e SANTORO (2000).

De forma geral, podemos classificar uma previsão de demanda de acordo com seu horizonte de previsão, detalhe e modelo. Quanto ao horizonte de previsão, pode-se dizer que quanto mais longa, mais importante ela será para as decisões estratégicas, entretanto, também existirá mais chance de ela estar incorreta devido a grande exposição a fatores externos incontroláveis. Quanto ao detalhe, uma observação pertinente é que não se pode detalhar muito algo que leva em consideração muitos fatores incontroláveis, portanto, ao se fazer uma previsão, é necessário saber quanto longe se pode chegar. Quanto ao modelo, podemos citar basicamente dois tipos: qualitativos e quantitativos.

↳ Qualitativos: baseados basicamente em previsões, esses modelos partem do pressuposto que o futuro não guarda relações com o passado. Portanto, as previsões devem ser geradas pelo julgamento de especialistas, bem como pela análise de conhecimento acumulado.

↳ Quantitativos: estes modelos se baseiam no passado e na existência de alguma relação deste com o futuro. Para poder aplicar estes modelos é necessária a existência de informações disponíveis sobre o passado, a possibilidade de quantificação dessas informações em dados numéricos e a existência de continuidade, ou seja, que algum padrão do passado será repetido no futuro.

Os modelos quantitativos ainda podem ser divididos:

↳ Projeções ou temporais: as previsões sobre o futuro deverão ser feitas através de uma reprodução do passado, independente das causas que a originaram.

↳ Explicação ou causais: estabelece-se uma lei de dependência da demanda no passado e assume-se sua continuidade no futuro. Este modelo se baseia na existência de causas originadoras de demanda.

2.5 Estrutura do produto

Este conceito foi encontrado em SLACK (1997) e foi considerado bastante útil para que exista um entendimento das consequências sobre a estrutura da empresa frente ao produto produzido. Existem quatro estruturas de produto definidas: “A”, “T”, “V”, “X”. Essas diferentes estruturas foram assim definidas devido ao formato das letras A, T, V e X. A seguir serão explicadas cada uma destas. Basicamente a base da letra representa a variedade de produtos que entra para ser processada, o topo da letra representa a variedade de produtos que sai da empresa e finalmente o meio indica a variedade dos processos utilizados.

- ↳ Estrutura de produto em forma de “A”: nesta estrutura uma grande quantidade de matéria-prima entra na empresa para ser processada. A cada etapa esses materiais vão se combinando para ao final resultarem em um ou poucos produtos finais. Essa estrutura é muito utilizada em montadoras que recebem uma grande quantidade de peças e as juntam culminando em apenas um produto final. Esse tipo de produto pode ser produzido para estoques.
- ↳ Estrutura de produto em forma de “T”: esta estrutura é típica de empresas que possuem um pequeno número de matérias primas passando por um processo padronizado e a etapa final do processo gerará uma grande variedade de produtos. Neste tipo de empresa não é possível estocar o produto final já que este dependerá de encomendas.
- ↳ Estrutura de produto em forma de “V”: esta estrutura também possui uma pequena quantidade de matéria-prima e uma grande variedade de produtos finais. A diferença desta estrutura para a em “T” é que nela existe uma menor padronização dos processos, ou seja para se iniciar a produção é necessário saber o que se pretende produzir, isso porque as primeiras etapas do processamento já restringirão a quantidade de produtos que poderão ser produzidas.

↳ Estrutura do produto em forma de “X”: neste tipo de empresa uma grande quantidade de produtos é produzida, chega-se então a um produto intermediário padrão e em seguida ocorrem processos que farão com que este produto se diferencie, culminando em uma grande quantidade de produtos finais. Montadoras de veículos são um bom exemplo para esta estrutura, pois recebem uma grande quantidade de peças, fazem a montagem até um certo estágio e a partir daí se inicia uma etapa de diferenciação de acordo com o pedido.

2.6 Planejamento agregado

Como o próprio nome já o descreve, o termo agregado vem do fato deste ser um planejamento que não considera o detalhe, devido à impossibilidade de se tomar decisões por causa do grande número de variáveis, parâmetros e informações que devem ser consideradas. Dentre elas tem-se: a possibilidade de atrasos ou mesmo não satisfação da demanda, estoques, políticas de horas extras, subcontratação, terceirização, admissão e demissões. Todas estas variáveis possuem custos relacionados. O planejamento agregado deverá atender as decisões estratégicas da empresa através da combinação destas variáveis que julgar mais pertinente.

Como definido em SANTORO (2001), planejamento agregado da produção é a atividade da empresa que tem como objetivo, em termos amplos, auxiliar a tomada de decisão, do que, quanto e quando produzir, ou, em outras palavras de como utilizar os recursos produtivos num horizonte de médio prazo.

Segundo STEVENSON (1996), o planejamento agregado é o planejamento da capacidade em médio prazo, que objetiva atingir um plano de produção utilizando efetivamente os recursos da empresa, satisfazendo a demanda esperada. As decisões que podem ser tomadas são relativas ao nível de estoques, nível de emprego e taxas de produção.

2.7 Sequenciamento

O modelo de programação mais adequado para a indústria intermitente é o sequenciamento. A atividade de programação é tida por muitos autores como uma das mais complexas no gerenciamento da produção. Isso fica claro quando observamos o número de possibilidades de programação existentes para n pedidos em uma só máquina. Teríamos neste caso $n!$ alternativas de programação. Com mais máquinas envolvidas no processamento, maiores se tornam as alternativas e começam a surgir mais restrições, como as que impedem que um produto seja processado em uma máquina antes de outra, ou a que impossibilita o processamento de certo pedido devido à ausência de matéria-prima.

Programar a produção é uma tarefa muito delicada, para fazê-lo é necessário inicialmente determinar o que se deseja obter com uma programação, qual pedido tem maior importância, se é conveniente atrasar pouco vários pedidos ou muito poucos pedidos. Não basta focar o sequenciamento no objetivo, é necessário levar em consideração se todas as restrições estão sendo obedecidas ao se fazer uma determinada programação.

Com o aumento de número de máquinas, a dificuldade de programação se torna cada vez maior. Muitas considerações devem ser levadas em conta, dentre elas podemos citar o período de manutenção e quebra das máquinas, todos os recursos limitantes da empresa que são compartilhados pelos setores, relações de precedência entre as operações, possibilidade de uma máquina executar diferentes operações, capacitação da mão de obra para a execução dos trabalhos, possibilidade da existência de algum outro recurso limitante que não seja nem a máquina nem o operador e inúmeros outros fatores que podem ser um obstáculo para determinado sequenciamento.

2.7.1 Regras de sequenciamento

Ao programar a produção, deve se estar obedecendo alguma regra de sequenciamento. Essas regras visam seguir alguma estratégia adotada pela empresa.

Dentre as regras de sequenciamento, serão aqui destacadas as encontradas em SLACK (1997), BUFFA (1972) e HAX (1984).:

- ↳ Prioridade ao consumidor: neste caso o sequenciamento deverá dar prioridade a alguns consumidores que sejam considerados mais importantes. Essa importância pode ser devida ao grande volume que tal consumidor pode gerar para a empresa ou por qualquer outro motivo que fará com que a empresa ofereça um serviço de melhor qualidade para este cliente. Esta regra pode gerar poucos clientes mais satisfeitos, mas pode fazer com que para uma média dos clientes a qualidade e produtividade sejam piores, tornando a empresa menos eficiente como um todo.
- ↳ Data prometida: esta regra parte do pressuposto que o sequenciamento deve ser feito de acordo com uma data de entrega prometida ao cliente. Este tipo de sequenciamento pode não visar a máxima eficiência da linha de produção, mas tem como benefício tornar os clientes satisfeitos devido a maior chance do cumprimento dos prazos estabelecidos.
- ↳ Last in First Out (LIFO): este método geralmente é escolhido por razões práticas, como a descarga de um elevador. Este método, se utilizado, pode causar insatisfação em muitos clientes, já que dependendo do acúmulo de pedidos, um pedido pode ser esquecido atrás da fila.
- ↳ First in First Out (FIFO): quando os primeiros pedidos a entrarem devem ser os primeiros a sair. Esse sistema é muito utilizado por ser uma forma justa de atender os pedidos. Para a maioria dos casos, tem grande aceitação pelos clientes, entretanto, pode possuir um defeito quando visto pela ótica das pessoas que precisam de urgência para o atendimento de suas necessidades.
- ↳ Menor tempo de processamento por operação (MTPO): prioriza as ordens da fila de espera com menor tempo de processamento. Tem a vantagem de descongestionar a atividade em que foi aplicada esta regra, passando maior quantidade de ordens de

produção para outros setores. Uma das desvantagens é que a cada novo pedido que chega deve se resequenciar a fila e para cada atividade deve haver uma ordem já que para cada uma delas deve haver diferentes tempos de processamento.

↳ Menor tempo de processamento total: esta regra prioriza os pedidos que possuem um tempo de processamento menor em todos os processamentos somados. Com isso, estes pedidos ficarão prontos mais rapidamente podendo ser faturados pela empresa. Este regra é muito utilizada quando a empresa necessita de caixa para ser capaz de processar todos os pedidos que se encontram na fila. Entretanto, sua utilização possui a desvantagem de tornar clientes de grande volume, que na maioria dos casos são bem importantes para a empresa, insatisfeitos pela demora de entrega de seus pedidos.

↳ Priorização dos pedidos com processamento mais longo: essa regra é utilizada quando existe pressão para se manter um nível de utilização alto dos equipamentos e de pessoal, isto porque as atividades com menor tempo de processamento geralmente são os que possuem maior tempo de preparação dos centros de trabalho por produto produzido. Essa regra possui a desvantagem de fazer com que uma grande quantidade de pedidos pequenos seja entregue em prazos mais longos.

Atualmente, existem diversos métodos de sequenciamento devido a grande importância deste assunto. Existem modelos complexos de programação linear que buscam uma solução ótima de acordo com determinado objetivo, modelos de algoritmos eficientes, métodos de redes neurais e também métodos mais simples que se baseiam em seqüências pré-definidas que devem ser obedecidas durante todo o decorrer da produção.

2.8 Gráfico de Gantt

Existem muitas formas de realizar uma programação e controlá-la, segundo ZACCARELLI (1973), uma delas é a utilização do Gráfico de Gantt. O gráfico de

Gantt é uma ferramenta muito útil para o controle, programação e acompanhamento da produção. Um papel fundamental desta ferramenta é o de facilitar o entendimento do processo de programação. Segundo ZACCARELLI (1973) existem três utilidades básicas para o Gráfico de Gantt:

↳ Gráfico de Gantt para distribuição de trabalhos: nesse caso, no eixo vertical estarão os fatores de produção, que podem ser máquinas, mão de obra, setores, dentre outros. No eixo horizontal será expresso o tempo na escala mais razoável. O gráfico então deve ser preenchido com símbolos que podem indicar a data planejada para o início das tarefas, o andamento real das mesmas, o término, explicitar quando a máquina não pode ser usada devido a manutenções ou qualquer outro problema. Desta forma, é possível realizar a programação e passá-la aos funcionários sem que sejam atribuídas mais atividades do que é possível para uma mesma unidade de produção.

↳ Gráfico de Gantt para acompanhamento de trabalho: a única diferença para o item anterior é que o eixo vertical deve conter o número dos trabalhos ao invés das máquinas, para que desta forma a visualização do andamento de cada trabalho seja facilitada.

↳ Gráfico de Gantt para carga de trabalho: esta na verdade é uma simplificação do gráfico de Gantt para distribuição dos trabalhos. São plotadas apenas a porcentagem de tempo de trabalho que alguma unidade de produção realizou, comparando esta porcentagem com a capacidade que tal unidade poderia ter realizado.

ZACCARELLI (1973) afirma que o gráfico para distribuição de trabalhos e o gráfico para andamento de trabalhos apresentam uma maneira clara de estabelecer e representar a programação. Entretanto, o próprio autor afirma que estes não são usados com muita freqüência. Isso se deve ao fato de o procedimento para preparação destes gráficos, apesar de simples, é muito trabalhoso e sujeito a erros. Cada vez que ocorrem eventos imprevisíveis como: quebra de ferramentas, falta de operários, cancelamentos de ordens de produção, entre outros, um grande número de

alterações nos gráficos deverá ser feita. Cada alteração afetará um grande número de trabalhos gerando um grande retrabalho para o programador.

2.9 Capacidade de produção

Ainda segundo ZACCARELLI (1973), podemos encontrar a definição de capacidade de produção. Este conceito é simples quando estamos falando de um produto ou de poucos produtos, como nos casos da indústria contínua, entretanto, uma maior variedade de produtos pode tornar a definição da capacidade de produção uma tarefa muito complexa.

2.9.1 Caso de um produto

No caso de empresas que produzem apenas um produto, é fácil determinar a capacidade produtiva. Para determinar a capacidade da empresa inteira, basta conhecer a capacidade de todos os setores e verificar qual desses possui a menor capacidade, esta será também a da empresa como um todo.

Para determinar a capacidade de cada uns dos setores, é necessário saber quantos produtos podem ser processados em um certo intervalo de tempo. Supondo que um setor possua n máquinas, que executem a mesma função e que as capacidades de cada máquina em unidades/dia seja C_n , sendo assim a capacidade total do setor será a somatória de todas as capacidades de cada máquina:

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_{n-1} + C_n \quad (1)$$

ZACCARELLI fornece um exemplo ilustrativo para este conceito:

Exemplo extraído de ZACCARELLI (1973).

O roteiro de processamento de um pedido consiste em cinco operações: A, B, C, D, E, em seções diferentes, que apresentam as seguintes capacidades para um dia de oito horas de trabalho.

Seção A tem 3 máquinas com capacidade de 30 unidades/dia

Seção B tem 2 máquinas com capacidade de 42 unidades/dia

Seção C tem 1 máquina com capacidade de 100 unidades/dia

Seção D tem 2 máquinas com capacidade de 40 unidades/dia

Seção E tem 2 máquinas com capacidade de 45 unidades/dia

Evidentemente, a seção D é a seção que determina a capacidade do conjunto todo. Um aumento na capacidade do setor D pode significar um aumento na capacidade da empresa como um todo. Já aumentos da capacidade em outros setores em nada adiantarão enquanto o setor D estiver sendo o setor com menor capacidade produtiva. Qualquer política de horas extras ou de aumento de capacidade deve ser implantada no setor com menor capacidade produtiva até o instante que este setor deixe de ser o com menor capacidade produtiva, devendo-se então procurar o que assumiu este papel. O gráfico a seguir, também adaptado de ZACCARELLI (1973), ajuda a visualizar a capacidade de cada seção desta empresa.

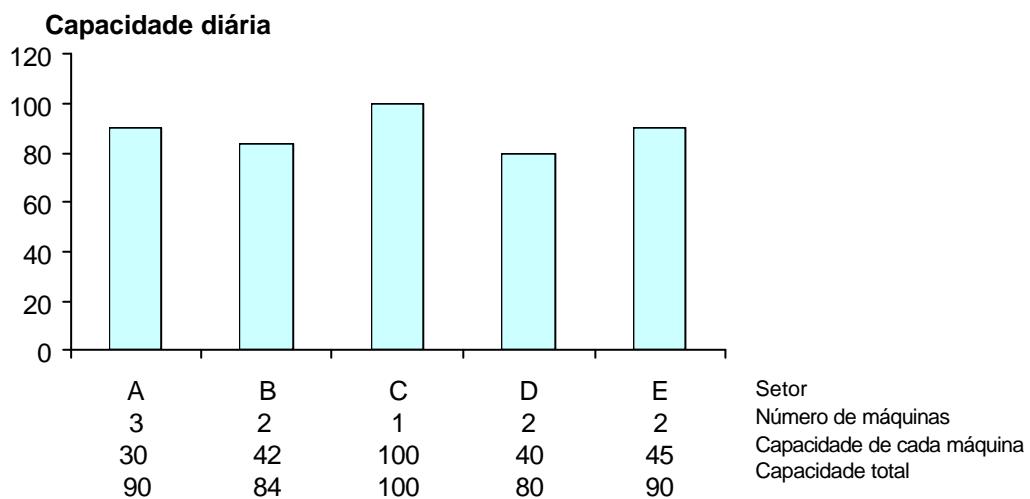


Figura 4: Gráfico da capacidade das seções – adaptado de ZACCARELLI (1973)

Neste exemplo, foi considerado que o recurso que restringe a capacidade são as máquinas, em muitos casos podem existir outros recursos que sejam mais escassos que as máquinas, como por exemplo a mão de obra. Portanto, ao se analisar um setor é necessária à existência de um conhecimento das operações envolvidas para que se

possa determinar a capacidade produtiva de acordo com o recurso mais escasso do setor.

Quando algum setor possui várias máquinas, pode se fazer uma aproximação para facilitar a manipulação dos dados quando se pretende estimar o tempo de produção. Esta aproximação é a de considerar que só existe uma máquina cuja capacidade é a somatória de todas as outras, isto para o caso em que as máquinas sejam o recurso limitante, como foi o caso deste exemplo. No exemplo de ZACCARELLI, se assumíssemos esta possibilidade teríamos que o setor A processaria um produto em um terço do tempo que na verdade deve processar, entretanto, nenhum produto poderia ser processado junto com ele, o que na verdade, pode não ser correto, já que por possuir 3 máquinas, 3 produtos podem vir a ser processados ao mesmo tempo. Apesar da aproximação de se considerar o recurso limitador como tendo a capacidade produtiva da soma destes recursos dentro do setor não ser necessariamente a representação da realidade, ela será usada neste trabalho, pois foi considerada a melhor maneira de representar a capacidade produtiva de cada setor, a fim de possibilitar a simulação da programação.

2.9.2 Caso de vários produtos

Neste caso, evidentemente não se deve determinar a capacidade produtiva de um setor ou da fábrica em unidades por unidade de tempo. Quanto mais produtos a empresa possuir, mais difícil fica esta mensuração. No caso em que a empresa produza produtos similares e pré-definidos, como a indústria intermitente repetitiva, é possível considerar uma unidade padrão e estabelecer relações entre os produtos produzidos com esta unidade padrão. Desta forma, a capacidade da empresa será dada em unidade padrão sobre unidade de tempo e existirá uma relação de quantidade da unidade padrão para cada produto produzido. Pelas relações de equivalência, é possível determinar que combinações de diversos produtos podem ser produzidas em um certo intervalo de tempo.

Para o caso da indústria intermitente sob encomenda, a definição de uma unidade padrão não funciona, isso porque a grande variedade de produtos torna muito difícil a criação de uma relação entre esta unidade padrão e os produtos produzidos. Nesses casos, deve-se multiplicar o número de máquinas pelo número de horas de trabalho efetivo. Com isso, conseguimos obter quanto tempo, em um determinado período, teremos disponível para processamento naquela seção. A partir daí, é necessário conhecer quanto cada produto que será produzido leva para passar por cada seção, desta forma é possível a determinação de quanto tempo uma fila de pedidos demorará para ser processada pelas diferentes seções ou setores da empresa.

2.9.3 Recurso limitante

Será chamado de recurso limitante em cada setor o recurso que for o limitante para que a capacidade produtiva daquele setor não seja maior. Geralmente, os recursos limitantes são as máquinas ou o número de operários. Da mesma forma que para aumentar a capacidade da empresa é necessário aumentar a capacidade do setor com menor capacidade, para aumentar a produção de um setor é necessário aumentar o recurso escasso. O recurso limitante será fundamental na determinação da capacidade produtiva de cada setor da empresa e consequentemente da determinação dos tempos de passagem de um conjunto de pedidos.

2.10 Cargas de trabalho

Esta definição também será baseada em ZACCARELLI (1973). Segundo este autor, carga de trabalho é o cálculo da capacidade necessária em cada setor produtivo da fábrica, em cada período, para atender ao plano de vendas. Estabelecida a carga de trabalho, pode-se estabelecer um plano de produção que definirá quando terminará cada etapa da produção que foi iniciada em determinada data.

Em empresas que produzem sob encomenda, ZACCARELLI (1973) afirma ainda que a carga de trabalho tem a função de permitir calcular quando será possível entregar uma encomenda.

ZACCARELLI ao definir carga de trabalho, baseou-se no fato de que os recursos devem mudar para atender ao plano de vendas, entendendo-se por recursos os fatores necessários para a execução da encomenda. Neste trabalho, a quantidade de recursos é pré-estabelecida e a variável é o plano de vendas, que na verdade, em nosso caso, é a previsão de finalização da produção. Não por isso, a definição e metodologia de ZACCARELLI deixarão de ser usadas, apenas serão adaptadas para o real problema da empresa.

2.10.1 Cargas de trabalho na indústria intermitente

Nesta seção será definida a carga de trabalho na indústria intermitente segundo a visão de ZACCARELLI (1973). Em uma indústria onde são fabricados produtos especiais sob encomenda, a diversidade de produtos impede que a previsão de vendas sirva para o cálculo de carga futura, apenas com os pedidos recebidos será possível fazer um cálculo de carga.

Devido à diversificação da produção, raramente será possível possuir tempos padrões precisos para cada operação. Após o recebimento de cada encomenda, deve-se fazer uma tentativa de detalhar os passos da produção para se estimar o tempo de execução, prevendo então a data em que será possível fazer a entrega da encomenda. A estimativa do tempo necessário para cada atividade pode ser feita através de uma análise dos tempos gastos em trabalhos similares no passado. Inexistindo a possibilidade desta comparação, deve-se recorrer ao julgamento de pessoas que possuam o conhecimento do processo e da capacidade da empresa.

Para se estimar quando este novo pedido estará pronto, ZACCARELLI afirma ser suficiente adicionar a carga já existente dos pedidos em fila a do novo pedido, desta forma teremos a carga total. De posse desse valor e conhecendo a capacidade da empresa e a programação, pode-se estimar quanto tempo será necessário para a finalização deste novo pedido.

Para estimar a data de entrega, ZACCARELLI afirma que estes cálculos devem ser feitos para todas as seções que possam vir a constituir um gargalo na produção. Este conceito de gargalo que nesta revisão bibliográfica aparece pela primeira vez, será melhor discutido na seção 2.11.

2.10.2 Fixação para o prazo de entrega

Continuando a análise segundo a visão de ZACCARELLI (1973), a previsão de término de um produto encomendado é composta de duas fases distintas:

- ✓ tempo necessário para a obtenção dos materiais
- ✓ tempo necessário para a produção

O primeiro deles deve ser estimado pelo conhecimento do mercado fornecedor, já para o segundo, ZACCARELLI considera três formas para estimá-lo:

↳ Método do julgamento pessoal.

Este método se baseia na existência de uma pessoa com conhecimento de toda carga de trabalho existente dentro da empresa, capaz de mensurar qual a carga acrescida pelo novo pedido, quando este poderá ser processado em cada unidade, para então estimar qual será o prazo de término da produção. O método é o mais simples entre os três que serão apresentados, mas em muitos casos é o único que pode ser utilizado devido à inexistência de condições de aplicação dos outros dois. No caso de uma indústria de porte maior, o julgamento pessoal se torna cada vez mais inapropriado devido ao grande número de detalhes que começam a influenciar na estimativa.

↳ Método das fichas ou dos gráficos de carga

Este pode ser considerado como uma forma mais elaborada e formalizada de representar o método anterior. Para realizá-lo, é necessária à utilização de um gráfico de Gantt, no qual o registro do número de horas necessárias em cada setor produtivo será atualizado no decorrer do tempo. Ao receber um novo pedido, deve-se estimar

qual o tempo necessário para a passagem do pedido por cada setor, em seguida utiliza-se o gráfico para saber em quanto tempo os diversos setores estarão livres possibilitando a execução dos trabalhos. No caso da existência de um gargalo, esse processo será o que ditará o tempo necessário já que este processo não trabalha com folgas.

↳ Método estatístico

Este método pode assumir uma grande variedade de formas, mas basicamente consiste em considerar o tempo de espera de uma ordem de fabricação para ser processado em cada unidade produtiva como uma variável aleatória com densidade de probabilidade conhecida. É recomendável a utilização deste método em detrimento aos anteriores quando a quantidade de operações para um produto for muito grande.

2.11 Gargalos

Em um sistema produtivo, a capacidade de produção é dada pela capacidade de processamento do recurso gargalo. Para se aumentar a capacidade do sistema é necessário aumentar a capacidade do recurso gargalo. Um aumento de capacidade neste recurso representará um aumento proporcional no sistema. Caso um recurso gargalo processe 20 operações por dia e com isso o sistema consiga processar 10 pedidos, temos que a razão de pedidos processados pelo recurso gargalo e pelo sistema é de 2 para 1; com isso, um aumento de capacidade no recurso gargalo que faça com que ao invés de 20 este passe a processar 22 operações, fará com que o sistema ao invés de 10 processe 11 pedidos. Ou seja, todo o tempo que se ganhe em um recurso gargalo será revertido para o processo até o momento em que este recurso deixe de ser o gargalo. Caso melhorias façam com que um recurso não gargalo tenha um aumento de produtividade, nenhum impacto será demonstrado pela capacidade do sistema, apenas o tempo ocioso deste processo que foi melhorado será aumentado.

ZACCARELLI (1973) afirma que para a determinação da previsão de entrega de um pedido deve ser medida a carga de trabalho nos setores que podem vir a ser os gargalos da produção. Existem programações de produção voltadas para atender o processo gargalo da produção. Este assunto pode ser encontrado em MORTON (1993) onde é tratado como “bottleneck approaches”, neste livro alguns métodos de programação visando a otimização do recurso gargalo são propostos.

CAPÍTULO 3 - MAPEAMENTO DO PROCESSO E DOS PRODUTOS

3.1 Produtos produzidos pela empresa

Antes de iniciar a descrição do processo produtivo na empresa, é necessário especificar quais produtos são produzidos e de quais será necessário estimar o tempo de processamento. Como já foi mencionado no capítulo 2, a empresa além de diplomas e certificados, fornece aos clientes, caso seja solicitado, capas protetoras, juramentos e canudos. Entretanto, o foco deste trabalho será exclusivamente a produção de diplomas e certificados, isso porque a produção dos outros itens ocorre de forma independente, com tempos de produção e obtenção muito inferiores a produção de diplomas. A partir deste instante serão descritos as operações e processos envolvidos exclusivamente para a produção de diplomas e certificados, ignorando-se a produção dos outros pedidos dentro da empresa.

3.1.1 Variedade de diplomas

Devido à natureza das encomendas, pode-se dizer que raramente são produzidos produtos iguais. Inúmeros detalhes fazem com que a variedade de diplomas produzidos seja enorme. Os diplomas podem variar em:

- ✓ Material
- ✓ Tamanho
- ✓ Conteúdo impresso

Este último item merece destaque especial, já que é o principal responsável pela diversidade. Geralmente o conteúdo impresso possui:

- ✓ Moldura
- ✓ Logos e desenhos
- ✓ Corpo texto

Esses três itens ainda podem possuir uma variedade de cores, tipos, formatos e tamanhos.

3.2 Mapeamento do processo produtivo

3.2.1 Turno de trabalho dentro da empresa

A empresa processa os pedidos encomendados em turno único, que vai das 7:30 h até as 17:18 h, de segunda a sexta-feira com paradas para todos os funcionários da linha de produção das 9:00 h às 9:15 h e das 15:00 h às 15:10 h, para descanso, além de uma hora para almoço da 12:30 h às 13:30 h. A empresa não costuma trabalhar com horas extras e nem com sub contratações para cumprir um possível excesso de demanda.

Com esta carga horária, a jornada de trabalho diária é de 8 horas e 23 minutos, sendo que no restante do tempo todas as máquinas ficam ociosas, devido à impossibilidade de funcionamento das mesmas sem a presença de um operador, portanto a utilização das máquinas é igual à jornada dos trabalhadores.

3.2.2 Da encomenda a entrega

O contato inicial do cliente com a empresa varia de acordo com a necessidade deste. Alguns clientes possuem o layout do diploma definido, outros apenas idéias. O Grupo Artes oferece um serviço de criação executado pelo departamento de Criação e Arte. Quando o cliente fica satisfeito com o que foi proposto, a criação está definida e a produção pode ser iniciada. Esta etapa do processo não é considerada como tomadora de tempo no processo produtivo, isso porque consideramos que esta é uma atividade de pré-venda, que depende da aceitação do cliente para que então o processamento do diploma possa ser iniciado.

Definido layout e fornecidos os dados para a execução do pedido a produção é iniciada. A primeira etapa é a montagem da ordem de produção. Para cada pedido é

criada uma pasta que conterá as informações necessárias para que todas as operações da linha de produção sejam executadas. A montagem da OP, como é chamada à ordem de produção, é uma atividade muito rápida que dura menos de 15 minutos, não possuindo muita relevância para o cálculo do tempo total. Esta pasta segue para o primeiro setor para que seja iniciado o processamento, passando então por todas as etapas necessárias até chegar a expedição, onde os diplomas já ordenados pelo controle de qualidade são empacotados e despachados. A entrega do produto final pode ser feita de várias maneiras, por sedex, motoboy ou pela retirada do próprio cliente.

As atividades que este trabalho considerará para estimar o prazo de produção serão as compreendidas entre a preparação da OP e a expedição, excluindo-se essas duas, isto porque esses tempos são desprezíveis quando comparados com os outros envolvidos. Para o prazo a ser fornecido ao cliente, deve se considerar uma folga que corresponda à entrega do pedido e a outros fatores que serão aprofundados mais adiante.

3.2.3 Operações relevantes para estimativa do tempo

Entre a preparação da OP e a entrega ao cliente existem 6 centros de atividades por quais um diploma pode passar para ser processado. Nesses centros ou setores ocorrem os seguintes processos:

- ✓ Preparação de matéria-prima
- ✓ Tipografia ou estampagem da moldura
- ✓ Tipografia ou estampagem do logo
- ✓ Tipografia do texto
- ✓ Impressão digital
- ✓ Controle de qualidade e acabamento

A transição entre os setores é feita através de prateleiras. Cada um dos seis setores listados acima possui duas prateleiras, uma de entrada, na qual são depositados todos os trabalhos, e uma de saída, onde são colocados os pedidos após o processamento. O

encarregado do PCP da empresa, mesmo funcionário que realiza a montagem das OPs, é o responsável pela movimentação das ordens de produção dentro da empresa, ele quem retira as OPs da prateleira de saída e as encaminha para a prateleira de entrada do próximo setor. Este funcionário acompanha o andamento da produção, sendo capaz de fazer a transição das OPs em um tempo desprezível, comparando-se com os tempos de processamento e espera nas prateleiras.

Será feito um mapeamento da atividade realizada, bem como das máquinas e operadores envolvidos e será mencionado qual é o recurso limitante da produção para cada setor. O recurso limitante é essencial na estimativa do tempo de passagem dos pedidos, isso porque este é que definirá a capacidade produtiva de cada setor.

↳ Preparação de matéria-prima

Neste setor é feita a preparação do papel ou pele na qual será feita a impressão. Em 85% dos casos a matéria-prima que é preparada é o pergaminho animal, dos 15% restantes ainda merecem destaque o cartão opaline e o cartão vegetal. A preparação do pergaminho animal é a mais longa, pois além do corte, existe o lixamento do material, etapa não existente para os outros materiais. O cartão vegetal merece um pouco mais de cuidado em seu manuseio em relação ao cartão opaline, devido à maior possibilidade de rasgos durante o corte. As ferramentas utilizadas neste setor são o lápis, molde, guilhotina e lixas de papelão. Neste setor existem 3 guilhotinas, grande quantidade de lixas e lápis e no mínimo dois moldes para cada tamanho de diploma já produzido na empresa, existe ainda uma grande bancada onde são desenhados os moldes m diploma, ou no caso do pergaminho animal onde é feita a atividade de riscar a pele. O recurso limitante é o número de funcionários que é de apenas 2. Portanto é possível o processamento de dois pedidos simultaneamente. Quando não há pedidos para serem processados por este setor, estes funcionários são deslocados para o setor de capas, onde auxiliam nas atividades de corte. Chegando uma OP, eles imediatamente são avisados e retomam suas atividades no setor de preparação de matéria-prima.

O processo para o cartão opaline e cartão vegetal é bem simples. O operário deve desenhar a moldura no cartão com o lápis e em seguida executar a operação de corte na guilhotina. Já para o pergaminho animal, além de desenhar a moldura, que neste caso recebe nome especial (riscar a pele) e executar o corte na guilhotina, o operador deve lixar o produto cortado, devido às porosidades e imperfeições do material, caso esta etapa não seja bem executada, ocorrerão problemas durante a impressão. A seguir, está mapeado o fluxo deste processo entre a prateleira de entrada do setor de matéria-prima e a prateleira de saída.

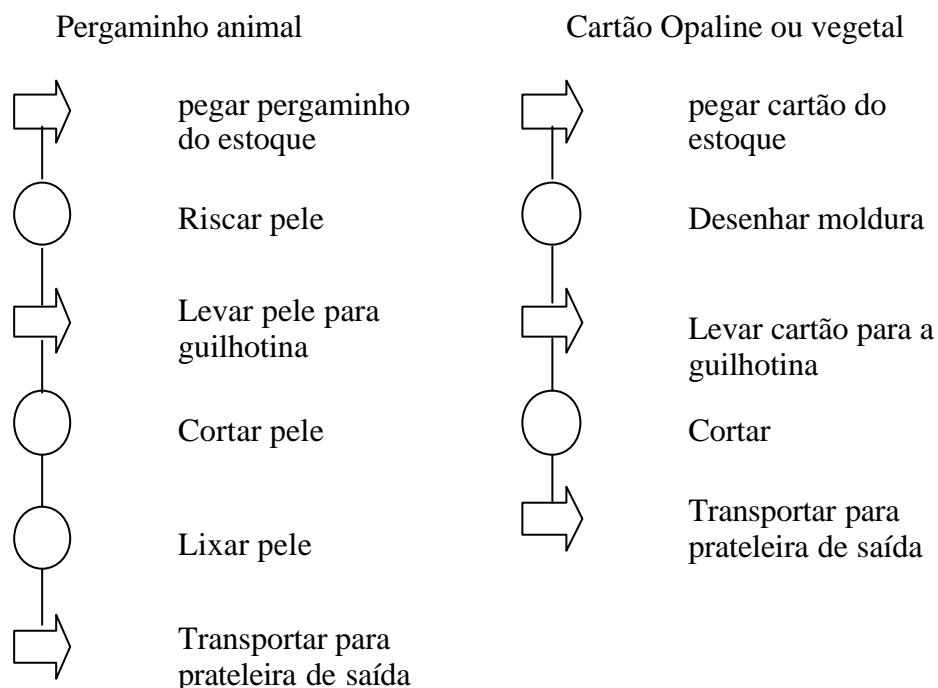


Figura 5: Fluxograma de preparação de matéria-prima (elaborado pelo autor)

↳ Tipografar Moldura

Neste setor são tipografadas as molduras dos diplomas. O tempo de processamento para este processo é proporcional ao número de cores que existirem na moldura, isso porque apenas uma cor pode ser tipografada por vez. Existe apenas um funcionário neste setor, entretanto existem 2 máquinas, uma para fazer estampagem de cores brilhantes (Hot-stamping) e a outra para tipografar cores sem brilho (Minerva).

Ambos os processos, apesar de realizados em máquinas diferentes envolvem tempos parecidos, tanto de setup, como de operação. O processo de estampagem de uma cor brilhante envolve algumas atividades de setup como: a fixação do clichê (desenho que se pretende estampar), colocação da fita, acerto e nivelamento da forma onde será colocado o diploma. Desses 3 atividades de setup a fixação do clichê e a colocação da fita são feitas em menos de 15 segundos, em compensação o acerto e nivelamento da forma onde serão inseridos os diplomas é uma tarefa muito delicada que envolve um longo tempo de preparação. Finalizado o setup, o funcionário deve colocar o diploma na forma, acionar a máquina e retirá-lo, repetindo este ciclo até se encerrarem todos os diplomas do pedido. Este ciclo é suficiente para estampar uma cor na moldura, havendo n cores brilhantes a serem estampadas, este ciclo deve ser repetido n vezes. No caso da tipografia de cores não brilhantes o processo é praticamente o mesmo, a única diferença é que ao invés da colocação da fita, o funcionário deve colocar a tinta na máquina, pois a fita só serve para estampagem a quente.

Independente de o processo ser a tipografia no caso de cores não brilhantes ou ser a estampagem para as cores brilhantes, apesar de realizados por máquinas diferentes, o tempo de processamento é praticamente o mesmo. O que é relevante para a consideração dos tempos é a quantidade de cores e não o fato destas serem brilhantes ou não, logo o tempo para tipografar uma moldura com 6 cores pode ser considerado o mesmo do que o tempo para tipografar 3 cores não brilhantes e estampar 3 cores brilhantes. Isso porque sempre que há uma troca de cor, todos os acertos da forma e de cores devem ser refeitos, não se aproveitando nada do que já se havia feito para a cor anterior. Esse acerto é fundamental para que o formato final do que se está sendo tipografado fique de acordo com encomendado.

↳ Tipografar logo

Neste setor são tipografados e estampados os logos, selos e brasões. Este setor é idêntico ao de tipografar moldura, possui os mesmos tipos de máquinas e o processo

é exatamente o mesmo. Da mesma forma que o setor de tipografia da moldura, o recurso limitante é a mão de obra, que é igual a um operário.

Devido à equivalência entre os tempos nos processos de estampagem e tipografia, este trabalho considerará que o processo de estampagem de uma cor brilhante é equivalente ao de tipografia. Isto só é possível pela configuração dos setores de tipografia da moldura e do logo, que possuem uma máquina de cada processo com apenas um funcionário para operá-las, caso existisse mais do que um operário, esses setores deveriam ser divididos em 2, um para a tipografia e outro para estampagem.

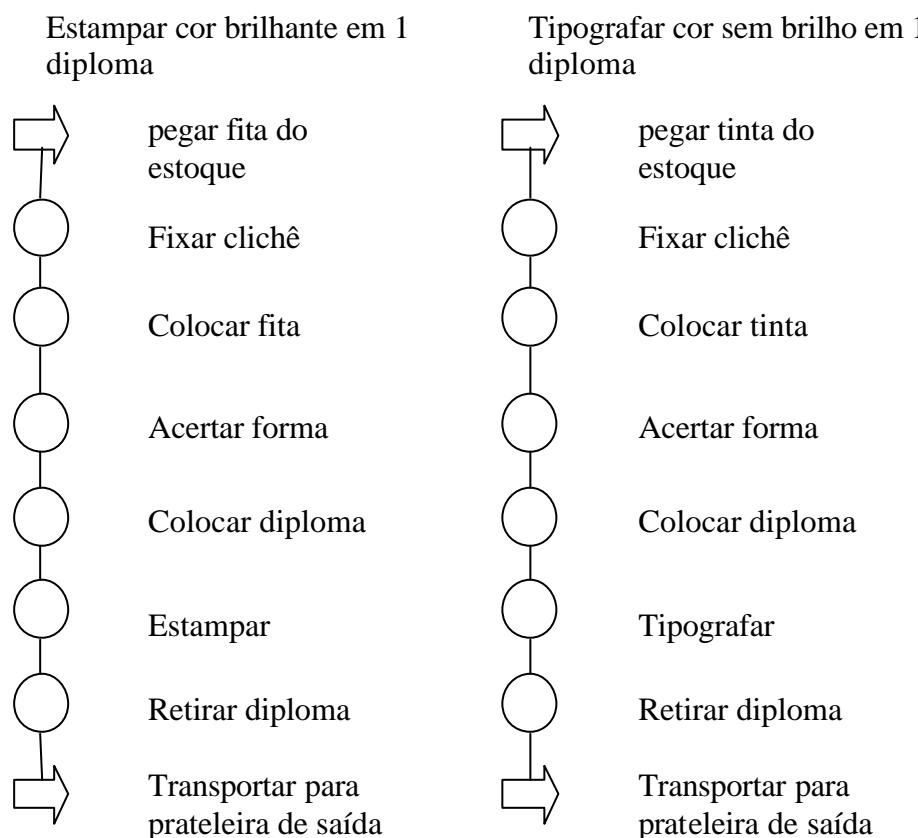


Figura 6: Fluxograma de tipografia de moldura ou de logo (elaborado pelo autor)

↳ Tipografar texto

A máquina que realiza este trabalho é a Wandercook e atualmente existem 3 dessas máquinas neste setor e apenas um funcionário para operá-las. Este excesso de

máquinas é explicado pela migração da produção para a impressão digital, com isso cada vez menos pedidos são tipografados. Atualmente, apenas 5% da produção passa por este setor, há cinco anos atrás o processo de impressão digital não era utilizado, nesta época todos pedidos eram tipografados. Para tipografar um diploma o funcionário além da máquina Wandercook, irá utilizar a tinta e uma chapa na qual são montados os tipos de acordo com o texto que se quer tipografar. Da mesma forma que nos outros setores de tipografia, podem ser impressas mais do que uma cor, sendo que o setup também envolverá a troca da tinta, a fixação da forma para o diploma e a fixação da chapa, onde são arranjados os tipos. Entretanto, o tempo de operação é muito mais demorado, já que para cada diploma é necessário alterar os tipos contidos na chapa e recolocá-la na máquina.

Tipografar texto em um diploma com uma cor

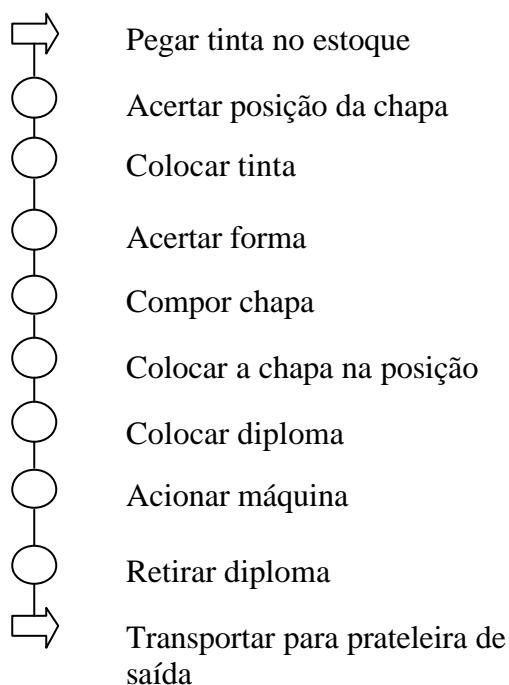


Figura 7: Fluxograma de tipografia de texto (elaborado pelo autor)

↳ Impressão Digital

Este é o maior setor da empresa em número de funcionários e também de máquinas. Existem 3 digitadores, que além de digitar, devem conferir os dados, cinco impressoras, e ainda um funcionário responsável pela alimentação destas. O número

de impressoras neste setor era de apenas 3, influenciada pelos temas debatidos durante a execução deste trabalho, a direção da empresa chegou à conclusão que deveria substituir uma delas e aumentar para 5, que é atualmente o número de máquinas deste setor. Todas as impressoras são a jato de tinta. Os 3 digitadores têm como ferramenta de trabalho computadores, num total de 3, um para cada funcionário. O fator limitante é a impressora, isso porque atualmente a impressão dos diplomas é executada pelas máquinas em um ritmo bem menor que a digitação e conferência dos dados. Ambas as atividades são executadas paralelamente, podendo ser desprezado o tempo de digitação e de abastecimento das impressoras. Entre as impressoras, apenas 4 são utilizadas para produção, isso porque uma delas é utilizada ou para a impressão de listagens para conferências pelo setor do controle de qualidade, ou para impressões testes em papel comum, quando ocorre algum problema. Da mesma forma que das 3 impressoras antigas, uma não era utilizada para o processamento. A empresa não permite que as impressoras fiquem processando os trabalhos enquanto não houver funcionários trabalhando no setor, para evitar perdas.

Neste setor, a empresa está ciente que existe uma grande capacidade ociosa dos digitadores que não está sendo utilizada. Essa ociosidade é oriunda de um avanço tecnológico, já que no meio deste ano, a empresa encomendou um software, que recebe os dados em um certo formato e os encaixa no molde do diploma a ser impresso. Com isso, os digitadores, na maioria dos casos, ficaram com a função de apenas conferir os dados contra uma segunda listagem enviada pelo cliente.

↳ Controle de qualidade e acabamento

Neste setor são conferidos os pedidos que foram processados por toda a linha. Não existem máquinas pesadas para realizar estas tarefas, apenas algumas ferramentas como lixas, canetas, lupas, pincéis e tintas para que sejam dados pequenos retoques. Os funcionários deste setor devem conferir minuciosamente os dados de cada diploma e retocar algum borrão ou alguma falha nas letras ou desenhos dos diplomas. Não havendo possibilidade de correção, os diplomas devem ser rejeitados

e processados novamente. Existem dois funcionários fazendo estas operações, sendo este o recurso limitante deste setor, o número de funcionários.

3.2.4 Capacidade produtiva de cada setor

Não é possível a estimativa da capacidade produtiva da produção em unidades por unidade de tempo devido à variedade de produtos. Sendo assim, esta deve ser determinada de outra forma. A forma encontrada para fazer esta determinação é a de encontrar quanto tempo de processamento existe disponível em cada setor. Para isso, é necessário averiguar qual é a quantidade do recurso limitante da produção em cada setor e multiplicar seu valor pelo período em que esses recursos ficam em utilização. Desta forma, teremos o tempo total que cada setor será capaz de processar em um certo intervalo de tempo.

↳ Preparação de matéria-prima

Como já foi mencionado, este setor possui 2 operários, que podem realizar as operações simultaneamente. Desta forma, ao invés de processar uma quantidade de pedidos que seriam processados por um operário em 8 horas e 23 minutos este setor consegue processar uma quantidade de trabalho que um operador processaria em 16 horas e 46 minutos. Logo, seria correto dizer que existindo um tempo padrão de passagem dos pedidos executados por um operador, este setor é capaz de fazer com que estes pedidos sejam processados na metade deste tempo.

↳ Tipografar moldura

Neste setor o recurso limitante é o número de funcionários que é de apenas 1. Sendo assim, a capacidade disponível em um dia neste setor é de apenas 8 horas e 23 minutos.

↳ Tipografar logo

Da mesma forma que o setor anterior, a capacidade é de 8 horas e 23 minutos, sendo o número de funcionários o recurso limitante do setor.

↳ Tipografar texto

Da mesma forma que o setor anterior, a capacidade é de 8 horas e 23 minutos, sendo o número de funcionários o recurso limitante do setor.

↳ Impressão digital

Neste setor as impressoras constituem o recurso limitante. Em número de 4 tornam possível a execução, em um dia, de pedidos que possuam um tempo total de processamento de 33 horas e 32 minutos, por uma impressora com a capacidade média das quatro do setor.

↳ Controle de qualidade e acabamento

Neste setor a mão de obra volta ser o recurso limitante. Dois funcionários tornam possível a execução, em um dia, da mesma quantidade de pedidos que seriam processados em dois dias, caso só existisse um funcionário.

Dessa maneira, a tabela abaixo indica os tempos de processamento disponíveis para cada setor:

Setor	Recurso limitante (quant.)	Tempo disponível diariamente
Preparação de matéria prima	mão de obra (2)	16h e 46min
Tipografar moldura	mão de obra (1)	8h e 23min
Tipografar logo	mão de obra (1)	8h e 23min
Tipografar texto	mão de obra (1)	8h e 23min
Impressão digital	máquinas (4)	33h e 32min
Controle de qualidade e acabamento	mão de obra (2)	16h e 46min

Tabela 1: Tempos de processamento disponíveis por setor (elaborado pelo autor)

No exemplo de ZACCARELLI apresentado no capítulo 2, a área com menor capacidade produtiva determinaria qual seria a capacidade de toda a empresa. Isso só é válido quando se tem a capacidade em unidades por unidade de tempo e a carga de trabalho é a mesma para todos os setores. No caso do Grupo Artes, para poder se determinar qual será a capacidade da empresa é necessário saber qual é a capacidade, bem como a carga de trabalho que será solicitada em cada setor em um determinado período. O setor que possuir a maior diferença entre a carga solicitada e sua capacidade será o gargalo. Nos próximos capítulos este ponto será retomado, pois será desenvolvida a metodologia de estimativa do tempo de produção de um pedido.

3.2.5 Fluxo dos pedidos

Basicamente existem três caminhos que um pedido pode seguir. Esses fluxos serão chamados de A, B e C, sendo eles:

↳ Fluxo A

A produção é iniciada no setor de preparação de matéria-prima e segue diretamente para o setor de impressão digital, no qual são impressos o logo, a moldura e o texto do diploma, todos ao mesmo tempo. Finalizando o fluxo, o pedido segue para o controle de qualidade e acabamento, onde se dá por encerrada a produção do pedido. Neste fluxo o pedido não passa por nenhum dos setores de tipografia.

Fluxo A		
Setor	Máquinas (quantidade)	Diploma com M cores opacas na moldura, T cores opacas no logo
Preparação de matéria prima	guilhotina/lixia (ilimitada)	1 Vez por diploma
Tipografar moldura	Minerva de moldura (1)	não passa
	Hot Stamping de moldura (1)	não passa
Tipografar logo	Minerva de logo (1)	não passa
	Hot Stamping de logo (1)	não passa
Tipografar texto	Wandercook (3)	não passa
Impressão digital	Impressora (4)	1 Vez por diploma
Controle de Qualidade	Pincel/lixia/lupa (ilimitada)	1 Vez por diploma

Figura 8: Fluxo A (elaborado pelo autor)

↳ **Fluxo B**

A produção é iniciada no setor de preparação de matéria-prima e segue para os setores de tipografar moldura e em seguida de tipografar o logo. Acabados esses processamentos, o pedido é encaminhado para o setor de impressão digital, onde é impresso o texto, finalizando a produção, o pedido é encaminhado para o setor de

controle de qualidade e acabamento. Neste fluxo o pedido não passa pelo setor de tipografar texto.

Fluxo B		
Setor	Máquinas	Diploma com N cores brilhantes na moldura, M cores opacas na moldura, V cores brilhantes no logo, T cores opacas no logo
Preparação de matéria prima	guilhotina/lixa (ilimitada)	1 vez por diploma
Tipografar moldura	Minerva de moldura (1)	M vezes por diploma
	Hot Stamping de moldura (1)	N vezes por diploma
Tipografar logo	Minerva de logo (1)	T vezes por diploma
	Hot Stamping de logo (1)	V vezes por diploma
Tipografar texto	Wandercook (3)	não passa
Impressão digital	Impressora (4)	1 vez por diploma
Controle de Qualidade	pincel/lixa/lupa (ilimitada)	1 vez por diploma

Figura 9: Fluxo B (elaborado pelo autor)

↳ Fluxo C

A produção é iniciada no setor de preparação de matéria-prima e segue para os setores de tipografar moldura e em seguida de tipografar o logo. Acabados esses processamentos, o pedido é encaminhado para o setor de tipografar texto, finalizando

a produção, o pedido é encaminhado para o setor de controle de qualidade e acabamento. Neste fluxo o pedido não passa pelo setor de impressão digital.

Fluxo C		
Setor	Máquinas	Diploma com N cores brilhantes na moldura, M cores opacas na moldura, V cores brilhantes no logo, T cores opacas no logo
Preparação de matéria prima	guilhotina/lixia (ilimitada)	1 Vez por diploma
Tipografar moldura	Minerva de moldura (1)	M Vezes por diploma
	Hot Stamping de moldura (1)	N Vezes por diploma
Tipografar logo	Minerva de logo (1)	T Vezes por diploma
	Hot Stamping de logo (1)	V Vezes por diploma
Tipografar texto	Wandercook (3)	1 Vez por diploma
Impressão digital	Impressora (4)	não passa
Controle de Qualidade	Pincel/lixia/lupa (ilimitada)	1 Vez por diploma

Figura 10: Fluxo C (elaborado pelo autor)

A decisão sobre qual desses fluxos um novo pedido deve seguir, fica a cargo do funcionário do setor de PCP ao montar a OP. Esse visa determinar o fluxo segundo recomendações da alta gerência. Não existe nenhuma regra fixa quanto à determinação do fluxo, entretanto existem recomendações para que o fluxo C só seja

adotado quando o cliente requisitar algum tipo especial de letra que só possa ser impresso tipograficamente.

O fluxo C, cada vez menos utilizado na empresa, deve ser excluído do processo produtivo. Devido ao longo tempo de processamento, os custos de mão de obra fazem com que este processo seja mais custoso que o de impressão digital. A diretoria da empresa espera eliminar este processo em menos de 6 meses, mesmo que isto signifique uma perda em relação à variedade de opções de letras que possam ser oferecidas aos clientes.

O fluxo A é muito utilizado, principalmente para os pedidos pequenos que não possuem cores brilhantes. O tamanho dos pedidos influencia muito a decisão sobre a utilização do fluxo B ou do fluxo A, isso porque o tempo de setup do setor de tipografia de molduras e logos é muito alto, em contrapartida o tempo de processamento na impressão digital é bem mais longo que o de processamento na tipografia, logo quanto maior for o tamanho do pedido maiores serão as chances dele ser alocado para o fluxo B. Já no caso da tipografia de texto ambos os tempos são mais longos que os da impressão digital, já que para cada diploma tipografado deve ser remontada a chapa com os tipos.

3.3 Tipo de produção e estrutura do produto

A produção no Grupo Artes pode ser enquadrada como intermitente sob encomenda.

Diversos são os fatores que levam a esta conclusão, entre eles:

- ✓ Grande diferenciação na produção
- ✓ Grande quantidade de produtos finais produzidos
- ✓ Inexistência de intermediários entre o cliente final e a empresa
- ✓ Demanda pequena por um determinado produto

Outra análise que ajuda a enquadrar a empresa como intermitente sob encomenda é o de considerar que a empresa possui uma estrutura do produto em “V”, isso porque a produção se inicia de uma matéria comum para a grande maioria dos pedidos

(pergaminho animal) e ao longo da linha de produção vão ocorrendo processos que diferenciam os pedidos, até que ao final da produção pode ser identificada uma grande variedade de produtos. SLACK (1997) afirma que esta estrutura do produto em “V” é típica da indústria intermitente.

3.4 Gestão de estoque na empresa

A empresa adota dois modelos de estoques: para alguns produtos utiliza o modelo de estoque mínimo e para outros utiliza o modelo de reposição periódica. Adota ainda uma combinação desses dois, como é o caso do pergaminho animal.

Para esta matéria-prima existem dois fornecedores, o primeiro oferece preços mais baixos, entretanto disponibiliza seus produtos apenas de quatro em quatro meses, já o segundo oferta seu produto em qualquer época do ano. Para aproveitar os preços mais baixos, a empresa adota a reposição cíclica do pergaminho de 4 em 4 meses, entretanto quando um valor mínimo de estoque de 3000 unidades de pele é atingido, a empresa recorre ao seu segundo fornecedor para aumentar seu estoque de acordo com a proximidade da oferta do primeiro fornecedor.

Para o restante dos suprimentos e matérias-primas, a empresa adota o modelo de reposição periódica para os produtos que são facilmente obtidos e adota o modelo de estoque mínimo para os produtos que demoram para ser recebidos depois de acionado o pedido. Desta forma, a empresa acredita estar minimizando seus riscos de atrasar a produção pela falta de algum material. Mesmo nos casos em que o modelo adotado é o de reposição periódica, o alto nível de estoque mantido pela empresa fez com que ocorressem pouquíssimas falhas na programação da produção pela ausência de algum material no ano de 2003.

Quanto aos tipos de estoques, de acordo com a definição de BUFFA (1979) e SLACK (1973) podemos fazer a seguinte análise da situação da empresa:

- ↳ Estoque em processo: devido ao fato de cada pedido, atualmente, demorar em média 30 dias, desde o início do processo até sua finalização, existirá sempre uma grande quantidade deste tipo de estoque dentro da empresa.
- ↳ Estoque isolador ou de segurança: esse estoque é inexistente dentro da empresa, pois é impossível determinar exatamente qual será o produto demandado
- ↳ Estoque no canal ou de distribuição: estoque existente durante a distribuição do pedido, pouca quantidade devido à proximidade da empresa com a maioria de seus clientes.
- ↳ Estoque de antecipação ou sazonal: pelo mesmo motivo do estoque isolador se torna impossível à manutenção deste tipo de estoque.
- ↳ Estoque de componentes intermediários: durante estes últimos dois anos não foi mais adotado devido ao remanejamento de um funcionário do setor de tipografar texto para a preparação de matéria-prima, que desafogou um pouco este setor, mas antigamente era utilizado armazenando-se a pele cortada e lixada devido ao grande número de saídas de determinados tamanhos de diplomas em pergaminho animal.

3.5 Previsão da demanda

Segundo ZACCARELLI (1973), é impossível prever a natureza da demanda na indústria sob encomenda. Entretanto, é possível estimar qual será a quantidade demandada, para que se possa fazer planejamentos visando atender alguma alteração na demanda.

A empresa trabalha considerando que seus clientes serão fiéis e ciclicamente demandarão os serviços do Grupo Artes. A empresa só trabalha com modelos qualitativos baseados na experiência de funcionários e dos próprios donos da empresa que estão no mercado a um longo tempo, tendo durante esse período acumulado conhecimento suficiente para opinar a respeito deste assunto.

3.6 Regra de sequenciamento adotada pela empresa

A programação da produção é ditada pela data de entrega combinada com o cliente. Em cada processo os pedidos são ordenados por esta ordem. Esse tipo de programação não privilegia a máxima eficiência que se pode obter na linha de produção, entretanto, possui como benefício tornar os clientes em média mais satisfeitos, já que distribui os atrasos pelos diferentes pedidos, visando atender todos os clientes da forma mais igualitária possível. Outro benefício desta regra é que torna a programação facilmente executável pelo funcionário de PCP.

O papel do funcionário de PCP na programação é a distribuição das pastas pelos diversos setores. As pastas ficam ordenadas de acordo com a data de entrega do pedido, a única tarefa do funcionário é encaixar corretamente as novas pastas de acordo com sua data de entrega.

Da forma como é feita a distribuição de pastas pelos setores, é impossível garantir que um pedido que possua uma data de entrega menor seja processado antes de outro com uma data maior. Caso o fluxo dos produtos seja o mesmo e não haja o processamento simultâneo dos pedidos em um mesmo setor, com certeza podemos afirmar que o pedido com data de entrega menor será processado antes, caso os fluxos sejam diferentes essa afirmação nem sempre será verdadeira.

Vejamos um exemplo simples, supondo apenas a existência de dois pedidos. O pedido 1 deve ser processado através do fluxo A, e o 2 pelo fluxo B. Ambos os pedidos são efetuados ao mesmo tempo e não existe nenhum outro pedido dentro da linha de produção, sendo que para o 2 (fluxo B) foi acordada uma data menor para a entrega do que para o 1 (fluxo A). Os dois chegam ao mesmo tempo no setor de preparação de matéria-prima, logo, o 2 começa a ser processado. Finalizado o processamento, o 2 segue para a tipografia e o 1 começa a ser processado pela preparação de matéria-prima. Caso o 1, com maior data de entrega, possua um tempo de processamento no primeiro setor menor que o 2 nos setores de tipografar moldura e logo, ele chegará antes no setor de impressão e com isso seu processamento será

iniciado antes da chegada do 2. Acabada a impressão o 1 segue para o controle de qualidade, onde também será processado antes do 2 que estará ou no setor de impressão ou nos de tipografia. Neste caso, teremos que o pedido com data de entrega superior terá sua produção finalizada primeiro.

Pode-se chegar a conclusão que a programação da produção é feita de acordo com a data de entrega dos pedidos que estejam disponíveis para serem processados em cada setor. Não existe dentro da empresa nenhum software ou qualquer algoritmo que possibilite uma programação mais complexa. A empresa está satisfeita com este tipo de sequenciamento, pois considera que esta é uma forma justa de atender os clientes.

CAPÍTULO 4 - METODOLOGIA

4.1 Considerações iniciais sobre o problema a ser solucionado

Segundo ZACCARELLI (1973), para se estimar o tempo de processamento são necessários dois tempos: o de aquisição dos materiais e o de processamento. Como foi descrito no capítulo 3, não deverão ser considerados os tempos necessários para a obtenção de materiais, já que sempre são mantidos estoques em níveis elevados dentro da empresa. Então, para se estimar o tempo, é apenas necessário contabilizar o tempo de processamento dos pedidos.

Para poder fornecer este prazo, deverão ser considerados vários fatores. O primeiro deles está relacionado à ocorrência de pedidos urgentes ou correção de falhas. Muitas vezes um cliente irá requisitar um pedido com urgência ou o controle de qualidade irá apontar que um produto foi rejeitado e precisará ser refeito, nesses casos a programação inicial irá sofrer um atraso, já que esses pedidos terão preferência em relação aos outros da fila. A empresa possui um número relativamente pequeno de máquinas e funcionários, com isso, a impossibilidade de contar com algum deles poderá retardar significativamente a produção, prejudicando assim uma estimativa que tenha sido feita a respeito dos prazos de produção dos produtos.

4.2 A existência de um gargalo na produção

A metodologia proposta deve considerar duas possibilidades:

- ⇒ Caso da existência de um gargalo por onde passam todos os pedidos

De acordo com ZACCARELLI, no caso da existência de um gargalo, estimativas de finalização da produção poderão ser feitas baseadas neste setor. Desta forma, para resolver o problema será necessário conhecer toda carga de trabalho requerida para o gargalo até o processamento do pedido desejado, inclusive a dele próprio. O tempo

necessário para o gargalo processar toda esta carga de trabalho, somado ao tempo de processamento do pedido nos setores seguintes será o tempo total de produção.

↳ Caso da não existência do gargalo

Neste caso, será necessário estimar o tempo de passagem de todos os pedidos pelos diversos setores, para que possa ser simulada a passagem destes pela linha de produção obedecendo à regra de sequenciação adotada pela empresa, para isso, será necessário levantar a carga de trabalho de cada pedido para cada setor, bem como suas capacidades produtivas.

Existe ainda a possibilidade do gargalo da produção ser um setor pelo qual não passem todos os pedidos, por exemplo, o setor de impressão digital. Neste caso, para os pedidos que passam pelo gargalo, a previsão do tempo pode ser feita de acordo com o método que considera a existência do gargalo, já para os outros pedidos deve ser considerado o caso da não existência do gargalo.

Neste trabalho serão expostos os modos como se deve proceder nos dois casos, isso porque a situação da empresa muda constantemente com o tempo. Caso seja percebida a existência de um gargalo e a solução seja baseada neste fato, se um dia este gargalo deixar de existir a empresa poderá estimar os tempos corretamente, reaplicando a metodologia.

4.3 Etapas da solução do problema

A fim de capacitar a empresa a ter controle sobre a previsibilidade de produção de pedidos é necessário fazer um mapeamento de todo o processo, desde o contato com o cliente até a finalização da produção da encomenda. Após o mapeamento da produção, será necessário saber quais produtos a empresa produz e as diferenças em seus processamentos. Cada diploma possui sua particularidade que poderá resultar em tempos totalmente diferentes de produção.

Como já foi descrito, existem dois rumos que este trabalho pode tomar, definidos pela existência ou não de um processo que seja o gargalo, portanto, o próximo passo que deve ser tomado é a averiguação de sua existência. Independente do rumo tomado, posteriormente terão que ser criados grupos aos quais os diplomas deverão ser encaixados para facilitar a atribuição de tempos de passagem para cada pedido.

O último passo que o modelo deverá considerar será a ocorrência de pedidos urgentes e refugos, pois estes exigem processamento imediato, interrompendo a programação. Uma média destas ocorrências deve ser levantada, para que possa ser determinada uma folga ao se estimar o tempo de produção.

4.3.1 Mapeamento da produção

O mapeamento deve conter todas as operações que ocorrem dentro da empresa para tornar possível a produção do pedido. Nesse mapeamento são levadas em conta tanto as atividades diretamente ligadas a produção, quanto as burocráticas que possam retardá-la. É necessário que todo o processo seja mapeado para que qualquer atividade que vá acrescentar tempo seja considerada. No caso do Grupo Artes, chegou-se a conclusão que nenhuma atividade fora da produção deve ser considerada.

Neste mapeamento todas as atividades da empresa estarão sendo analisadas e caso haja viabilidade, medidas serão implementadas para tornar mais eficiente o fluxo produtivo. Apesar do trabalho possuir um objetivo principal de medir o tempo da produção, melhorias no fluxo poderão ser adotadas, acarretando em benefícios para a empresa.

Ao executar o mapeamento, cada setor deve ser analisado e ter sua capacidade produtiva medida considerando-se os recursos limitantes, no nosso caso, 6 setores foram analisados desta forma, qualquer alteração nos setores, como compra de máquinas ou variações de mão de obra, farão com que uma nova análise deva ser feita, pois provocarão alterações na capacidade produtiva do setor.

O mapeamento da produção na empresa já foi realizado e transcrito no capítulo 3.

4.3.2 Detectando o gargalo

Depois de feito o mapeamento de todas as atividades, será detectado o gargalo da produção, caso este exista. Este será facilmente determinado, devido à forma como a transição de trabalhos pelos setores da empresa está estruturada.

A transição de trabalho entre os setores é feita através de pastas. A pasta distribuída, chamada de OP, contém todas as informações que o operador precisará para executar o trabalho. Assim que as encomendas vão sendo concluídas, elas são colocadas em uma prateleira de saída e então recolhidas pelo mesmo funcionário, que faz a redistribuição dos trabalhos para os setores seguintes. Por se tratarem de poucas tarefas, fica fácil para este funcionário perceber quais são as que levam mais tempo para serem concluídas. Para formalizar esta análise foi criada uma rotina apelidada dentro da empresa de “rotina das pastas datadas”.

4.3.2.1 Rotina das pastas datadas

Esta rotina surgiu para poder se determinar o gargalo. O funcionário responsável pela transição das pastas deverá anotar a data em que a pasta foi deixada na prateleira de entrada de cada setor. Desta forma, se algum processo possuir uma grande lentidão no processamento de um conjunto de pedidos, esse fato será evidenciado pelo grande intervalo entre as datas de entrada neste setor e no seguinte. A consideração sobre a existência do gargalo na produção deve ser incontestável, já que como veremos a seguir, o gargalo pode ser variável dependendo da seqüência de pedidos.

A empresa não possuía prateleiras em todos os setores. O setor que tipografava o texto, o logo e a moldura, por exemplo, possuía prateleiras de entrada e saída em comum. Foram criadas divisões para se ter o controle de cada um em separado. Isso porque caso o controle dos três fosse feito junto, estaria se comparando três operações, contra apenas uma dos outros setores. Logo, um intervalo grande entre a

data de entrada e a data de saída nestes processos indicaria que o gargalo seria este setor, o que poderia ser totalmente falso, já que este seria o tempo de três operações.

4.3.2.2 Análise dos pedidos urgentes

A execução do trabalho se baseará em outra análise para a determinação do gargalo. Espera-se que possa se chegar a resultados mais confiáveis e coincidentes considerando-se as duas alternativas. Essa outra metodologia surgiu do fato de existirem pedidos urgentes dentro da empresa. Esses pedidos urgentes são gerados de três maneiras:

↳ Cliente solicita pedido com urgência

Ocorre quando o cliente tem urgência de entrega do pedido, a empresa caso aceite a encomenda, deve entregá-la em um prazo muito mais curto do que costuma acordar com seus clientes. Esse é o tipo ideal de caso para a segunda metodologia de determinação do gargalo que pretendemos utilizar, pois é a ocasião na qual os pedidos usuais são melhor representados.

↳ Reclamação do cliente por atraso no pedido

Ironicamente, usaremos o problema como instrumento gerador da solução. Isso porque muitas vezes devido à falta de cumprimento dos prazos fornecidos pela empresa, o cliente contata a empresa, solicitando a entrega do pedido. Este caso irá possuir maior serventia quando a produção do pedido estiver no início.

↳ Reprovação do produto pelo controle de qualidade

O controle de qualidade acaba rejeitando algum produto de uma encomenda e este terá de ser refeito, muitas vezes em estado de urgência. Este caso poderá ser utilizado, entretanto, o fato de geralmente serem quantidades pequenas a serem

refeitas, a amostra não será muito representativa da realidade da produção, já que o tempo de setup de alguns setores poderá mascarar o verdadeiro gargalo.

Já esclarecidos os motivos que originam os pedidos urgentes, pode-se falar sobre esta segunda análise. Esta irá acompanhar os pedidos urgentes durante todo seu trajeto na linha de produção, passando por cada processo. Desta forma, será possível observar em que etapa o produto demora mais para ser processado. Essa análise possui algumas desvantagens em relação à da pasta datada, já que será mais difícil obter uma quantidade grande de amostra, mas a direção da empresa chegou a conclusão que pode ser uma boa idéia comparar os dois resultados.

Outro cuidado que precisará ser tomado, será o de levar em consideração o fato de que nem todos os pedidos passam por todos setores, logo, nesta análise deverá ser levada em conta a quantidade de pedidos que passa por cada setor. Também será necessário avaliar quão bem o pedido que esta sendo analisado representa os outros pedidos, já que pode ser analisado um pedido totalmente atípico que possua tempos de produção por processo totalmente destoantes dos usuais.

Entretanto, o acompanhamento de um pedido urgente possui uma vantagem, o fato de ser uma análise rápida e direta. Fica muito fácil para quem vive o dia a dia da empresa notar que setor mais retardou o processamento do pedido, ainda mais pelo fato de existir uma grande pressão de tempo sobre este pedido. Os pedidos normais também poderiam ser analisados, entretanto a longa espera para o processamento nas filas dos setores prolongaria o prazo da análise.

4.3.2.3 A existência de gargalos variáveis

A existência de gargalos variáveis pode estar relacionada à natureza dos pedidos. Um grupo de pedidos que seja processado através do fluxo A não poderá possuir como gargalo qualquer setor de tipografia, já para os do fluxo C, o setor de impressão digital nunca seria considerado gargalo. Além do fluxo, a variedade pode fazer com que um determinado conjunto de pedidos possua uma grande carga de trabalho em

um setor, enquanto outro possua uma grande em outro. Quando comparadas grandes séries de pedidos aleatórios, dificilmente ocorrerá variação do processo considerado gargalo, a não ser que a linha de produção esteja bem distribuída, não possuindo nenhum processo que possa ser considerado gargalo, devido à equivalência entre a carga de trabalho e a capacidade nos diversos setores. Como a estimativa de previsão de tempo será feita assim que for encomendado um pedido, uma grande quantidade de pedidos estará sendo considerada, minimizando a chance de variação do gargalo, caso seja considerada sua existência, pela rotina de pastas datadas.

4.3.3 Agrupamento dos diplomas

O agrupamento dos diplomas será realizado para solucionar uma dificuldade da implantação da metodologia de ZACCARELLI.. Este autor ao sugerir uma solução para este problema, propõe que cada pedido encomendado seja analisado isoladamente para que possa ser determinada a carga de trabalho que será despendida para processá-lo. Este agrupamento servirá para facilitar a atribuição da carga de trabalho para cada pedido.

Como se pode notar durante a execução deste trabalho, cada produto tem suas particularidades: o material do qual será produzido o produto, o processo de produção (tipográfico ou impressão), tamanho dos pedidos que influí na diluição do tempo de setup.

Deve ser feita uma análise dos produtos para que estes possam ser agrupados. Esses grupos serão formados por diplomas que possuam características semelhantes, ou melhor, que as etapas da produção sejam parecidas, podendo-se assumir que os tempos de produção possuam alguma relação, que não necessariamente seja de igualdade, mas pelo menos de método de cálculo, sendo desta forma possível a estimativa do tempo de passagem dos pedidos pelos setores. Devido a grande variedade dos produtos, provavelmente existirá uma grande quantidade de grupos.

O agrupamento dos produtos deverá ser realizado depois de uma etapa em que se conheça o gargalo. Isso porque para um certo processo, dois produtos podem ter o mesmo tempo de produção, já para outro, podem ter tempos totalmente diferentes. Um bom exemplo deste fato seriam dois diplomas idênticos, mas com materiais diferentes, um com cartão Opaline, outro com pergaminho animal, caso o gargalo do sistema seja qualquer setor da empresa que não o de preparação da matéria prima, os tempos deles serão os mesmos, caso contrário isso não ocorrerá. Neste caso, se o gargalo fosse a preparação da matéria prima estes dois pedidos pertenceriam a grupos diferentes, caso fosse outro processo, pertenceriam ao mesmo grupo.

Os produtos só serão agrupados após o conhecimento do gargalo para que se evite esforço desnecessário, pois existindo um gargalo, só precisarão ser agrupados nesta atividade. No caso em que não exista um gargalo, o agrupamento deverá ser feito em todos os processos. Neste caso, cada pedido pertencerá a seis grupos. A necessidade desses seis grupos e a forma como seria estimado o tempo final estão detalhadas no próximo capítulo.

4.3.4 Medição dos tempos e estimativa de pedidos urgentes

O próximo passo seria a medição de tempos de processamento de acordo com o agrupamento feito. Com os grupos formados, será necessário estabelecer tempos que inseridos nas fórmulas do próximo capítulo possibilitarão a estimativa do tempo de passagem dos pedidos pelos diversos processos.

No capítulo 3, foi discutida a disponibilidade de tempo de processamento em cada setor considerando-se a quantidade de recursos limitantes. Durante a determinação dos tempos de passagem por cada setor, deve-se considerar que todos os recursos estarão voltados para a produção deste pedido.

Quanto à existência de pedidos urgentes, deverão ser estimados quantos ocorrem dentro de um certo intervalo de tempo. Ambos passos serão melhor descritos no próximo capítulo, sendo desnecessário um maior detalhamento nesta seção.

4.4 Acompanhamento da produção pelo gráfico de Gantt

A empresa pretende controlar parte do andamento da produção pelo gráfico de Gantt. Esta ferramenta é de fácil utilização e pode ser usada para acompanhar um pedido de acordo com a estimativa que foi feita. ZACCARELLI aponta que uma das formas de se estimar o tempo total de processamento de um pedido pode ser feita plotando-se a carga de trabalho dos setores em Gráficos de Gantt, esta técnica possui uma idéia relativamente parecida com a que será desenvolvida no capítulo seguinte, entretanto é muito trabalhosa, pois a cada alteração, devido a um pedido urgente ou qualquer outro motivo, deverão ser plotados todos os dados novamente. Como a empresa não pode disponibilizar um funcionário exclusivamente para a execução desta tarefa, o modelo que será proposto visará obter uma solução que possa ser facilmente implementada.

4.5 Caso da existência de um gargalo versus não existência

Durante este capítulo, muito foi discutido sobre a possibilidade da existência de um gargalo dentro da linha de produção. Essa discussão é extremamente importante, isso porque no caso da existência de um gargalo a aplicação da metodologia se torna bem mais simples.

A aplicação do método, considerando o gargalo, reduz tanto a preparação do modelo quanto a sua execução. Existindo um gargalo, pelo qual passam todos os pedidos, ao invés de medir tempos de produção, em todos os processo, bastarão ser medidos os tempos neste processo, pois desta forma será possível obter uma aproximação razoável. Para a obtenção do tempo de processamento, o responsável pela operacionalização, ao invés de agrupar cada pedido em todos os processos, precisará apenas agrupá-los no processo gargalo, o que significará uma economia substancial de tempo.

CAPÍTULO 5 - APLICAÇÃO E APROFUNDAMENTO DA METODOLOGIA

5.1 Considerações iniciais

Serão unidas todas as informações expostas nos capítulos 3 e 4 para que possa ser elaborado um modelo para a solução do problema. Pretende-se aqui desenvolver uma formulação matemática adaptada aos processos da empresa, mas que no entanto seja facilmente interpretada, modificada e enfim, aplicada para outros processos, servindo como inspiração a outros problemas de estimativa de tempos de produção em uma indústria com produção intermitente sob encomenda.

O modelo será criado visando uma fácil implementação, sem que haja necessidade de um grande dispêndio de tempo, esforço e capacidade. Essa estimativa deve ser facilmente obtida, já que serão solicitadas para todas as novas encomendas.

No início da formulação do modelo, será desconsiderado um ponto que foi bastante abordado no capítulo anterior, a possibilidade da existência de gargalos na produção. O desenvolvimento do modelo, inicialmente, não levará em conta a simplificação que pode ser obtida, entretanto, para a resolução do problema este ponto será retomado, já que como o próprio modelo ajudará a visualizar, medir todos os tempos de processo pode ser um esforço desnecessário.

Para se estimar o final da produção de um pedido, deve-se saber qual é a carga de trabalho de todos os pedidos que estejam na sua frente. Conforme os passos da metodologia do capítulo 4, a estimativa do prazo será determinada pela criação de grupos em todos os setores, seguidos do estabelecimento de metodologias de cálculos para todos estes grupos, e finalmente a simulação da programação adotada pela empresa.

Como já foi descrito no capítulo 3, os processamentos seguem a ordem da data de entrega para todos os processos. A data de entrega dos pedidos praticamente é ditada pela ordem de chegada, entretanto, existem algumas exceções:

- ✓ Pedidos urgentes
- ✓ Refugos
- ✓ Pedidos atrasados

A programação é alterada e esses pedidos acabam furando a fila. Para o prazo fornecido aos clientes, esses casos serão tratados através de uma folga. Isso porque a partir do momento em que o cliente é informado sobre o prazo de entrega, o cenário ideal seria respeitar este prazo, logo, será necessário fazer uma estimativa de quantas furos de fila ocorrem durante um certo intervalo de tempo e considerá-los no modelo.

Vale lembrar que o objetivo do trabalho não é a programação e sim a previsão de finalização de um pedido, sendo conhecida à regra de sequenciação adotada pela empresa. No caso do Grupo Artes, os pedidos são processados de acordo com a data de entrega, logo, a previsão assumirá que a produção será executada de acordo com esta programação.

5.2 Centros de operação

No capítulo 3 foram definidos 6 centros de operações:

- ✓ Preparação do material
- ✓ Tipografar logo
- ✓ Tipografar moldura
- ✓ Tipografar texto
- ✓ Impressão digital
- ✓ Controle de qualidade e acabamento

Cada um destes setores possui tempos para a passagem do produto. Ao observar a produção e a variedade que os produtos finais podem possuir, fica claro que estimar um tempo médio, por setor, para todos os diplomas, seria uma aproximação

grosseira. Para contornar este problema, será feito um agrupamento dos diplomas de acordo com cada processo.

5.3 Agrupamento dos diplomas

O intuito deste agrupamento é o de fornecer dados ao modelo que permitam a estimativa dos tempos. O primeiro pensamento era baseado na inserção de um pedido em 6 grupos, isso porque este é o número de setores por quais um diploma pode passar. Cada setor possuiria vários grupos, nos quais o pedido deveria ser encaixado. A visão inicial era que pedidos que pertencessem a um mesmo grupo possuiriam tempos iguais de processamento naquela operação, ao se pensar no modelo, notou-se que esta divisão ainda não era a ideal. Para facilitar o trabalho do funcionário responsável por esta separação, diminuindo o número de grupos, chegou-se à conclusão que o ideal seria realmente que cada pedido pertencesse a 6 grupos, um para cada setor, mas que não necessariamente pedidos que pertencessem ao mesmo grupo tivessem o mesmo tempo de processamento, bastaria que o agrupamento, aliado a outras informações do pedido como quantidade de diplomas, cores na moldura, no logo e no texto, fosse capaz de atribuir um tempo de processamento para cada pedido. Desta forma, assim que a empresa receber um novo pedido, este deverá ser agrupado nestes 6 grupos. Esta será a única tarefa que despenderá certo discernimento para ser executada quando o modelo estiver pronto.

Mesmo sem ainda ter feito uma medição dos tempos, o conhecimento do processo permite saber se dois produtos possuem tempos semelhantes ao serem submetidos a um certo processo, desta forma, é possível agrupá-los.

Para fazer este agrupamento, será necessário analisar setor por setor. De forma geral, todos eles deverão possuir um grupo com tempo 0, isso porque mesmo existindo processos pelos quais é obrigatória a passagem dos pedidos, precisam ser considerados nos cálculos os pedidos já iniciados. Caso um novo pedido seja solicitado em algum instante, para estimar quando este ficará pronto será necessário

saber qual é a carga de trabalho de todos os outros, inclusive os que já foram iniciados.

A nomenclatura dos grupos, de modo geral, será uma sigla do processo seguida de um número.

Setores	Código
Preparação de Matéria Prima	PM
Tipografar Moldura	TM
Tipografar logo	TL
Tipografar texto	TT
Impressão digital	I
Controle de qualidade e acabamento	C Q

Tabela 2: Código dos setores (elaborado pelo autor)

Será feita uma análise setor por setor para que possamos ter todos os grupos definidos.

↳ Preparação de matéria prima: PM

- Grupo PM0

Este grupo será formado por todos os produtos que não precisem passar por esta etapa. Obviamente que todos os pedidos tem de passar por ela, mas pode ser que algum pedido ainda esteja na linha de produção, mas já tenha passado pela preparação de matéria prima, neste caso o tempo que este pedido ficará neste setor será 0, logo, ele pertencerá ao grupo PM0.

- Grupo PM1

- o Material: pergaminho animal
- o Tamanho: 21,5 cm por 32 cm

- Grupo PM2

- o Material: pergaminho animal
- o Tamanho: 29 cm por 39 cm

- Grupo PM3

- o Material: pergaminho animal

- o Tamanho: 25 cm por 35 cm
- Grupo PM4
 - o Material: cartão opaline
 - o Tamanho: qualquer
- Grupo PM5
 - o Material: cartão vegetal
 - o Tamanho: qualquer
- Grupo PM6
 - o Material: cartão martelado, cartão color plus, cartão telado, cartão casca de ovo, cartão verge, cartão marina.
 - o Tamanho: qualquer

Como podemos notar, existiriam 7 grupos neste setor. Estes foram determinados de acordo com o tempo de preparação da matéria prima. Os grupos PM1, PM2 e PM3 são formados por produtos feitos em pergaminho animal, entretanto, o tamanho influí diretamente no tempo de lixamento, logo, foi necessária a criação de três grupos para este material. Caso exista um pedido em pergaminho animal com tamanho diferente, este deverá ser agrupado em um destes três grupos de acordo com a maior semelhança no tamanho. Os grupos PM4 e PM5 são formados por materiais que possuem uma parcela relevante da produção e que não podem ser agrupados juntos, já que o cartão vegetal, por ser mais delicado, exige maior cuidado na hora do corte. O grupo PM6 contém todos os outros materiais, estes possuem uma saída muito pequena, e mesmo podendo ter tempos diferentes, serão agrupados juntos devido à diferença ser irrelevante frente a pouca quantidade produzida.

↳ Tipografar moldura: TM

Neste caso, o que vai influir no tempo será a quantidade de cores nas molduras e a quantidade de diplomas a ser produzida, logo, teremos apenas dois grupos:

- Grupo TM0

Da mesma forma que o PM0, este grupo é formado pelos pedidos que não irão passar por este setor.

- Grupo TM1

Este grupo será formado por todos os pedidos que tiverem que passar por este setor.

↳ Tipografar logo: TL

Neste caso, o que vai influir no tempo será a quantidade de cores no logo e a quantidade de diplomas a ser produzida, logo, teremos apenas dois grupos:

- Grupo TL0

Mesma situação do grupo TM0.

- Grupo TL1

Mesma situação do grupo TM1.

↳ Tipografar texto: TT

Da mesma forma que nos outros setores de tipografia, existirão dois grupos.

- Grupo TT0
- Grupo TT1

↳ Impressão digital

O tempo de impressão de cada diploma está diretamente ligado à quantidade de detalhes que devem ser impressos e ao tamanho da impressão. Dificilmente um diploma possuirá o tempo exatamente igual ao de outro, mas através do estabelecimento de 10 grupos, julga-se estar fazendo uma boa aproximação a respeito deste tempo.

- Grupo I0

Este grupo é constituído pelos pedidos que não passarão por este setor.

- Grupo I1

o Tamanho: até e inclusive 21,5 cm por 32 cm

o Apenas impressão do texto

- Grupo I2

o Tamanho: até e inclusive 21,5 cm por 32 cm

- o Impressão do texto, de moldura e logo com poucos detalhes
- Grupo I3
 - o Tamanho: até e inclusive 21,5 cm por 32 cm
 - o Impressão do texto, de moldura e logo com muitos detalhes
- Grupo I4
 - o Tamanho: entre 21,5 cm por 32 cm e 25cm por 35cm, inclusive este último
 - o Apenas impressão do texto
- Grupo I5
 - o Tamanho: entre 21,5 cm por 32 cm e 25cm por 35cm, inclusive este último
 - o Impressão do texto, de moldura e logo com poucos detalhes
- Grupo I6
 - o Tamanho: entre 21,5 cm por 32 cm e 25cm por 35cm, inclusive este último
 - o Impressão do texto, de moldura e logo com muitos detalhes
- Grupo I7
 - o Tamanho: acima de 25cm por 35cm
 - o Apenas impressão do texto
- Grupo I8
 - o Tamanho: acima de 25cm por 35cm
 - o Impressão do texto, de moldura e logo com poucos detalhes
- Grupo I9
 - o Tamanho: acima de 25cm por 35cm
 - o Impressão do texto, de moldura e logo com muitos detalhes

A escolha entre a quantidade de detalhes a serem impressos é a única parte subjetiva de todo agrupamento proposto até agora, por este motivo o funcionário deverá ser instruído corretamente, para não prejudicar a estimativa do modelo.

↳ Controle de qualidade e acabamento

Neste setor, é praticamente impossível relacionar semelhança de tempos entre os pedidos, nem os próprios operários que executam a tarefa são capazes de definir precisamente o que faz um pedido possuir uma análise mais demorada que outro, pois existe uma dependência em relação ao conserto das falhas. Possivelmente, um diploma cheio de detalhes irá possuir um tempo de passagem maior que um com poucos, mas quão maior este valor será é uma incógnita, por isso a divisão mais adequada será a dos que passam por este setor e as do que não passam.

- Grupo CQ0
- Grupo CQ1

Com isso foram definidos vinte e cinco grupos::

Processo	Grupos
Preparação de matéria prima	PM0 PM1 PM2 PM3 PM4 PM5 PM6
Tipografar moldura	TM0 TM1
Tipografar logo	TL0 TL1
Tipografar texto	TT0 TT1
Impressão digital	I0 I1 I2 I3 I4 I5 I6 I7 I8 I9
Controle de Qualidade	CQ0 CQ1

Tabela 3: Grupos dos processos (elaborado pelo autor)

5.4 Tempos envolvidos em cada processo

Agora que os grupos já foram definidos, é necessário discutir um pouco sobre os tempos envolvidos em cada processo. Da mesma forma que na separação dos grupos, serão feitas considerações processo por processo para que seja definida a existência ou não de tempos de setup, tempos influenciados pela quantidade, ou por número de cores. Como será visto adiante, a determinação dos tempos de cada pedido dependerá de algumas especificações, entre elas:

Atributos dos pedidos	Código
Quantidade de diplomas por pedido	q
Quantidade de cores na moldura do pedido	m
Quantidade de cores no logo do pedido	l
Quantidade de cores no corpo do texto do pedido	c

Tabela 4: Códigos dos atributos dos pedidos (elaborado pelo autor)

Tempos	Código
Tempo de operação por diploma	TO
Tempo de setup	TS
Tempo total por diploma	Tt
Tempo total do pedido	TT

Da mesma forma que foi feita para os grupos, serão definidos códigos para designarem os tempos. Os códigos serão basicamente:

Tabela 5: Códigos dos tempos (elaborado pelo autor)

Os códigos TO e TS seguidos dos grupos formados na seção anterior serão os tempos que deverão ser coletados para que se possa atribuir a carga de trabalho a cada pedido, sendo, portanto, as constantes do modelo. Já o Tt e o TT devem ser seguidos do setor e posteriormente do número do pedido e representarão, respectivamente, o tempo médio de passagem de um diploma do pedido pelo setor, e o tempo total de processamento de todo o pedido pelo setor.

A seguir, serão discutidos os tempos envolvidos em cada setor, para um pedido n qualquer, que pertença aos grupos com terminação 1 (PM1, TM1, TL1, TT1, I1, CQ1). Nesta análise, as variáveis q, l, m, c são as especificações relativas ao pedido n.

↳ Preparação de matéria prima: PM

Neste caso, não existe tempo de setup, apenas o tempo de operação, executado simultaneamente pelos dois operadores, que é a soma do tempo de desenhar, cortar e no caso do grupo 1, lixar a pele. Logo, teremos:

$$TtPMn = TOPM1 \quad (2)$$

Para este processo, o tempo total para o pedido n, com q unidades, será:

$$TTPMn = TOPM1 \times q \quad (3)$$

↳ Tipografar moldura: TM

O tempo de setup é a soma do tempo necessário para acertar a forma, onde serão encaixados os diplomas, com os tempos para a troca de tinta e do clichê a ser tipografado, sendo estes dois últimos praticamente desprezíveis quando comparados ao primeiro. Com isso teremos que o tempo total por diploma será:

$$TtTMn = (TOTM1 + TSTM1 \div q) \times m \quad (4)$$

Podemos notar que tanto o tempo de operação quanto o tempo de setup devem ser multiplicados pelo número de cores na moldura, conforme explicação no capítulo 3, cada cor exigirá novo setup para a máquina e novas operações em todos os diplomas do pedido.

Para este processo, o tempo total para o pedido n, com q unidades, será:

$$TTTMn = (TOTM1 \times q + TSTM1) \times m \quad (5)$$

↳ Tipografar logo: TL

Da mesma forma que o processo de tipografar a moldura, o tempo de setup é a soma do tempo para acerto da forma, com o tempo para a troca de tinta e do clichê. Com isso teremos que o tempo total por diploma será:

$$TtTLn = (TOTL1 + TSTL1 \div q) \times l \quad (6)$$

Podemos notar que tanto o tempo de operação quanto o tempo de setup devem ser multiplicados pelo número de cores no logo, conforme explicação no capítulo 3, cada cor exigirá novo setup para a máquina e novas operações em todos os diplomas do pedido.

Para este processo, o tempo total para o pedido n com q unidades será:

$$TTTLn = (TOTL1 \times q + TSTL1) \times l \quad (7)$$

↳ Tipografar texto: TT

O tempo de setup para este processo é a soma dos tempos para fixação da forma onde serão colocados os diplomas, troca de tinta e definição do posicionamento da chapa. O tempo de montagem dos tipos, assim como a tipografia, são considerados como o tempo de operação.

$$TtTTn = (TOTT1 + TSTT1 \div q) \times c \quad (8)$$

Para este processo, o tempo total para o pedido n, com q unidades, será:

$$TTTTn = (TOTT1 \times q + TSTT1) \times c \quad (9)$$

↳ Impressão digital: I

O tempo de operação neste caso é o tempo de impressão dos diplomas. A impressão possui tempo de setup, de aquecimento da máquina, desprezível, sendo assim, o único tempo envolvido é o de operação. Será considerada a capacidade de todas as impressoras para se calcular o tempo de operação. Sabe-se que é impossível que um diploma seja impresso pelas 4 impressoras, entretanto, será feita essa consideração para que seja possível a simulação da programação. Além disso, essa consideração é aceitável para pedidos grandes.

$$TtIn = TOI1 \quad (10)$$

Para este processo, o tempo total para o pedido n, com q unidades, será:

$$TTIn = TOI1 \times q \quad (11)$$

↳ Controle de qualidade: CQ

Neste caso o operador deve colocar os diplomas do pedido em ordem, analisar um por um e finalmente encaminhar os refugos, todos esses tempos são proporcionais ao número de diplomas no pedido e serão considerados como um único tempo de operação.

$$TtCQn = TOCQ1 \quad (12)$$

Para este processo, o tempo total para o pedido n, com q unidades, será:

$$TTCQn = TOCQ1 \times q \quad (13)$$

Para o cálculo dos outros grupos, as fórmulas serão as mesmas, entretanto, os tempos TO e TS, serão outros, isso aliás, é o que diferencia cada um dos grupos, os tempos padrões de operação e setup. Estes tempos, que deverão ser coletados, devem

considerar que todos os recursos do setor estarão sendo utilizados para a produção do pedido, como se existisse apenas um recurso limitante, com a capacidade igual a soma de todos que existirem no setor. Esta é uma consideração extremamente importante, para que na hora em que for feita a simulação da programação adotada pela empresa, todos os setores possuam o mesmo tempo de processamento disponível em um dia.

5.5 Formulação matemática

Conhecidos os tempos de setup e operacional de cada grupo, bem como os atributos de cada pedido (q, l, m, c) e os grupos a que pertencem, é possível chegar aos tempos totais de processamento de todos eles, em cada setor.

Supondo que exista uma série de pedidos de 1 até n , sendo que o pedido 1 é o com menor data de entrega, presente na linha de produção, e o n , o com maior, e que já conhecemos os tempos de processamento de cada um dos pedidos pelos 6 setores, queremos saber qual é o tempo para que um destes pedidos fique pronto. Para isto, é necessário simular a passagem desses n pedidos pela linha de produção de acordo com a programação adotada pela empresa. Como já vimos no capítulo 3, um bom resumo para definir a programação é: a ordem pela qual são processados os trabalhos em um determinado setor é dada pela menor data de entrega dos pedidos que estão estocados em sua prateleira de entrada. Para simular esta ordem, foi criado um algoritmo.

5.5.1 As matrizes de tempo

Visando facilitar a interpretação e utilização do modelo, foram criadas as matrizes de tempo. Serão duas matrizes principais e uma terceira auxiliar. A primeira será chamada de matriz de tempos, e a segunda deverá ser chamada de matriz dos tempos acumulados.

↳ Matriz de tempos

Esta matriz possuirá 6 colunas, uma para cada processo. O número de linhas será igual ao número de pedidos. O número de campos desta matriz será o número de pedidos vezes o número de processos, que em nosso caso é igual a 6. Cada campo desta matriz conterá o tempo de passagem do pedido da linha correspondente pelo setor da coluna correspondente, desta forma, teremos:

		6 processos					
		TTPM1	TTTM1	TTTL1	TTT1	TTI1	TTCQ1
		TTPM2	TTTM2	TTTL2	TTT2	TTI2	TTCQ2
		TTPM3	TTTM3	TTTL3	TTT3	TTI3	TTCQ3
		TTPM4	TTTM4	TTTL4	TTT4	TTI4	TTCQ4
.	
.	
.	
.							
		TTPMn	TTTMn	TTTLn	TTTn	TTIn	TTCQn

Figura 11: Matriz de tempos (elaborado pelo autor)

↳ Matriz dos tempos acumulados

Esta matriz também possuirá 6 colunas, uma para cada processo. O número de linhas será igual ao número de pedidos, da mesma forma que na matriz de tempos. Cada campo desta matriz se refere a um pedido e a um setor. O valor, que deve ser inserido nos campos, deve ser igual ao tempo necessário para a finalização do processamento do pedido (linha) pelo setor (coluna) correspondentes na matriz, contado a partir do instante em que se deseja fazer a estimativa para a finalização de cada um dos pedidos.

6 processos						
n pedidos	TTAPM1	TTATM1	TTATL1	TTATT1	TTAI1	TTACQ1
	TTAPM2	TTATM2	TTATL2	TTATT2	TTAI2	TTACQ2
	TTAPM3	TTATM3	TTATL3	TTATT3	TTAI3	TTACQ3
	TTAPM4	TTATM4	TTATL4	TTATT4	TTAI4	TTACQ4

	TTAPMn	TTATMn	TTATLn	TTATTn	TTAI _n	TTACQ _n

Figura 12: Matriz de tempos acumulados (elaborado pelo autor)

Nesta matriz foi adotada uma nova notação, composta primeiramente pelo TT, que significa tempo total, posteriormente pelo A, de acumulado, e finalmente, o setor seguido do número do pedido. Desta forma, TTATL4 será o tempo total necessário para o pedido 4 ter seu processamento no setor TL finalizado, contado a partir do instante 0 da estimativa. O preenchimento desta matriz será explicado após a adoção de uma nomenclatura mais simplificada.

5.5.2 Simplificação da nomenclatura

Este item servirá para transformar códigos com até cinco letras e um número em códigos com apenas uma letra e dois índices. Cada código representará um campo das matrizes. Esta nova nomenclatura será constituída por uma letra, que poderá ser um T ou um A. O T mostrará que estamos nos referindo a um campo da matriz de tempos, o A à matriz de tempos acumulados. Essas letras serão seguidas de números subscritos que representarão a linha e a coluna da matriz. O primeiro número será o índice da linha da matriz e, logo, será também o número do pedido, o segundo designará a coluna da matriz e consequentemente o processo ao qual estamos nos referindo.

5.5.3 Preenchimento da Matriz de tempos acumulados

Para preencher esta matriz é necessário simular a passagem dos pedidos conforme a ordem que cada setor irá processá-los. Para isso deve ser criado um algoritmo que leve em consideração as seguintes premissas:

- ✓ A ordem de processamento deve privilegiar os pedidos com menor data de entrega
- ✓ Os setores só podem processar os pedidos que estão em sua prateleira de entrada
- ✓ O processamento de um pedido não será interrompido
- ✓ O tempo de transporte da prateleira de saída de um setor para a prateleira de entrada de outro será desconsiderado.

O preenchimento da matriz deve ser feito coluna por coluna (processo por processo), da esquerda para a direita. Para preencher cada coluna, será usada a matriz auxiliar, esta possuirá n linhas e 4 colunas. Sendo s , o índice da coluna da matriz de tempos acumulados que estiver sendo preenchida, as colunas da matriz auxiliar serão:

- ↳ Primeira coluna: deve ser completada com a coluna s da matriz de tempos, ou seja, com o tempo de processamento de cada pedido no processo s .
- ↳ Segunda coluna: deve ser completada com a coluna $s+1$ da matriz de tempos acumulados, ou seja, com o tempo acumulado de cada pedido no processo anterior ao s . Caso s seja igual a 1, deve ser preenchida com 0 em todas as linhas.
- ↳ Terceira coluna: esta será a coluna que deverá ser transportada para a matriz de tempos acumulados, sendo portanto os tempos acumulados de cada pedido após processamento pelo setor s .
- ↳ Quarta coluna: coluna auxiliar, na qual serão colocados os tempos de processamento acumulados dos pedidos pelo setor s , em ordem conveniente para o preenchimento da terceira coluna.

5.5.3.1 Preenchimento da matriz auxiliar

Copiadas as colunas 1 e 2, sobrarão 2 passos para o preenchimento das colunas 3 e 4:

Primeiro passo: preenchimento dos campos da coluna 3 dos pedidos que não passam pelo setor s.

Para as linhas que possuem valor 0 na coluna 1, o valor na coluna 3 deve ser igual ao da coluna 2.

Segundo passo: preenchimento dos campos da coluna 3 dos pedidos que passam pelo setor s.

O primeiro pedido a ser processado pelo setor s será o primeiro a chegar a este setor, ou seja, o pedido que possua o menor valor na coluna 2 e que não possua o campo da coluna 3 preenchido. O campo relativo a este pedido, na coluna 3, deverá ser preenchido somando-se o valor do campo da coluna 2, com o valor do campo da coluna 1, da linha deste pedido. Esta soma também deverá ser inserida na primeira linha da coluna 4. Desta forma, a coluna 4 estará mostrando quando o setor s estará livre novamente, para que então seja processado o pedido com menor data de entrega que estiver na prateleira de entrada, ou estando a prateleira vazia, o primeiro pedido a chegar à prateleira.

Para o preenchimento dos próximos campos, deve-se considerar o valor da última linha preenchida na coluna 4 e verificar a existência de pelo menos uma linha com um valor menor que este na coluna 2, que possua a coluna 3 vazia. Verificada a existência, deve-se pegar a primeira linha da matriz que satisfaça esta condição, de cima para baixo, e preencher a terceira coluna desta linha, com a soma do valor do último campo preenchido da quarta coluna, com o valor da coluna 1 da linha que se está preenchendo a coluna 3. Esta soma também deverá ser inserida abaixo do último campo preenchido da coluna 4. Não verificada a existência de pelo menos uma linha que possua no campo da coluna 2 um valor menor que o último campo preenchido da

coluna 4, que possua a coluna 3 vazia, então, a coluna 3, da linha que possuir o menor valor na coluna 2 e não tiver a coluna 3 preenchida, deve ser completado com a soma do valor da coluna 2 com a coluna 1. Esta soma também deverá ser inserida abaixo do último campo preenchido da coluna 4.

O procedimento descrito acima deve ser realizado até o momento em que não existam mais campos na coluna 3 para serem preenchidos. Finalizado o processo, deve-se copiar a coluna 3 da matriz auxiliar, na coluna s da matriz de tempos acumulados. Este procedimento deve ser realizado para os 6 processos.

O campo $A_{n,6}$, da matriz de tempos acumulados, será o tempo necessário para a finalização da produção do pedido n. A quantidade de dias úteis necessária para sua finalização, pode ser facilmente obtida dividindo-se o valor deste campo pelo tempo de processamento disponível em um dia (8 horas e 23 minutos). Entretanto, esta estimativa só estará correta caso a empresa não receba mais nenhum pedido. Caso a empresa receba um novo pedido é possível que a ordem pela qual os pedidos sejam processados seja alterada, mesmo que este pedido possua uma data de entrega maior do que os considerados. Além disso, existem pedidos urgentes e refugos, que acabam furando a fila e alterando a simulação feita.

Infelizmente, é impossível saber quando a empresa receberá um novo pedido e quais serão os tempos necessários para processá-lo. Desta forma, a melhor aproximação que pode ser dada para a finalização do pedido n, é a dada pelo campo $A_{n,6}$ acrescido de uma folga.

5.5.4 A determinação da folga

Para determinar o valor desta folga, será necessário apurar os primeiros resultados obtidos pelo modelo sem a consideração de uma folga. O erro cometido deverá ser proporcional ao resultado obtido pelo campo $A_{n,6}$, isto porque quanto maior o tempo maior será a quantidade de pedidos urgentes e refugos. A partir destas observações,

espera-se chegar a um fator, que multiplicado pelo $A_{n,6}$, forneça uma boa estimativa para o tempo de finalização do pedido n.

A obtenção deste fator multiplicador pode ser feita considerando-se algumas estimativas e seu real tempo de finalização da produção. O tempo real deve ser dividido pela estimativa, obtendo-se um conjunto de fatores. Uma média deste conjunto pode ser uma boa estimativa para o fator.

Este fator multiplicador nada mais é que uma estimativa de quantos pedidos urgentes e refugos ocorrem em um certo intervalo de tempo. Se fosse levantada uma estimativa sobre estas ocorrências, chegar-se-ia a uma conclusão a respeito de tantas unidades de pedidos urgentes por determinado período. Teria de ser atribuído o tempo que um pedido urgente retardaria a produção, ou seja, estaria sendo somado um valor proporcional ao tempo de finalização da produção do pedido, o que será feito pelo fator multiplicador.

Este fator também será uma solução para considerar tempos ociosos dos operadores, imprevistos com máquinas que exijam a paralisação da produção, e qualquer outro fator que não possa ser inserido na programação da produção devido à impossibilidade de previsão de quando irá ocorrer.

5.6 A existência do gargalo

Existindo um gargalo na linha de produção, um bom retrato da matriz de tempos, caso fosse adotado o modelo proposto por este capítulo, seria de tempos maiores de processamento na coluna do setor gargalo e de uma grande fila representada por uma grande quantidade de zeros à esquerda do processo gargalo, nas primeiras linhas da matriz, e pela quase inexistência de zeros na coluna do processo gargalo, indicando que após a passagem por este processo, a passagem pelos outros setores é rápida, não ocasionando a formação de filas.

processo gargalo					
0	0	0	0	T	T
0	0	0	T	T	T
0	0	0	T	T	T
0	0	0	T	T	T
0	0	0	T	T	T
0	0	0	T	T	T
T	T	T	T	T	T
T	T	T	T	T	T
T	T	T	T	T	T
T	T	T	T	T	T
T	T	T	T	T	T

Figura 13: Retrato da matriz de tempos com a existência de um gargalo (elaborado pelo autor)

Desta forma, os pedidos após passarem pelo processo gargalo, devem ser rapidamente processados pelos outros setores. Uma boa estimativa para o tempo de finalização do pedido n, seria a soma dos tempos de passagem pelo setor gargalo de todos os pedidos que possuem uma data de entrega menor do que a do pedido n e que ainda não passaram pelo gargalo, acrescida do tempo de passagem do pedido n pelos outros processos seguintes ao gargalo. A estimativa do tempo de passagem pelos outros setores não precisaria ser muito precisa, devido à pequena parcela sobre o tempo total.

É correto afirmar que os pedidos serão processados pelo processo gargalo de acordo com a menor data de entrega, já que a fila deste setor possibilitará que pedidos que tenham sido ultrapassados por diferenças de fluxo retomem seu lugar inicial.

Existe a possibilidade da formação de pequenas filas após o processo gargalo. Conforme já foi explicado na seção 4.3.2.3, devido à pequena quantidade de pedidos considerados, pode ser que o processo gargalo para a grande maioria dos pedidos não o seja para uma pequena seqüência. Esta é uma falha desta consideração, entretanto, acredita-se que na grande maioria dos casos não haverá este problema.

Da mesma forma que para o modelo completo, deverá existir um fator multiplicador para considerar os pedidos urgentes e refugos.

Caso seja observada ociosidade no processo gargalo, a simplificação do gargalo não poderá ser utilizada, já que esta metodologia supõe a formação de uma fila no gargalo.

CAPÍTULO 6 - APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

6.1 Considerações iniciais

Descrita toda metodologia, será exposto o que foi aplicado dentro da empresa. Inicialmente é necessário destacar que muitos dos conceitos debatidos, relacionados à metodologia deste trabalho, serviram para aumentar a produtividade da empresa, o que talvez tenha prejudicado sua aplicação, devido ao período de transição vivido.

Obviamente que seria impossível pedir a empresa para que não adotasse medidas que aumentassem a produtividade global, apenas para que o trabalho pudesse ser realizado com uma maior precisão. Com isso o prazo para aplicação da metodologia acabou sendo curto para que pudesse ser feita uma melhor verificação da validade do que foi proposto. Isso porque a mudança de capacidade do processo de impressão alterou o fluxo da carga de trabalho. A constante mudança da capacidade produtiva pode ser considerada como uma dificuldade extra para a estimativa do tempo de produção, isso porque deve ser feita uma nova análise a cada alteração.

6.2 Transformações ocorridas dentro da empresa

A principal transformação foi a do setor de impressão digital, que teve sua capacidade produtiva aumentada durante este período. No final de julho, foram adquiridas 3 novas impressoras, com capacidades maiores que as já existentes. Assim como a capacidade produtiva, a carga de trabalho também aumentou. No começo do ano praticamente 20% dos pedidos eram produzidos pelo fluxo C, 60% pelo fluxo B e apenas 20% pelo fluxo A. Atualmente apenas 5% seguem o fluxo C, e 55% o fluxo B, o que significa dizer que 95% dos produtos produzidos pela empresa passam pela impressão digital e que 40% da produção passa apenas por este setor, no que se refere à impressão.

Antes da aquisição das impressoras, a linha de produção estava melhor distribuída em relação à carga de trabalho sobre capacidade produtiva para cada setor. A

situação atual contrasta setores com grande carga de trabalho acumulada com setores que ficam ociosos boa parte do tempo.

O processo de preparação de matéria prima sempre teve uma grande capacidade produtiva quando comparada à carga de trabalho, por este motivo seus funcionários foram deslocados para a produção de capas quando não existia nenhuma ordem de produção. Desta maneira, achou-se uma solução para a ociosidade desses operadores.

Toda área de tipografia sofreu uma grande redução de carga de trabalho durante o ano, que não foi acompanhada pela capacidade produtiva, gerando o aumento da ociosidade. Atualmente, existe apenas um funcionário para cada setor de tipografia, devido à necessidade de manutenção destes processos, entretanto, estuda-se a possibilidade de um funcionário ficar responsável por mais de um setor.

Quanto à impressão, talvez o incremento da capacidade produtiva tenha sido maior que o necessário, já que atualmente, também existe uma certa capacidade ociosa das máquinas. Entretanto, esta capacidade pode ser ocupada caso a carga de trabalho aumente através da transferência do fluxo dos pedidos do B para o A, ou de um aumento da produção da empresa, que está prestes a iniciar um relacionamento com um cliente que possui uma grande demanda anual.

O controle de qualidade é o ponto crítico da linha de produção. Com o aumento da capacidade produtiva do setor de impressão e com transferência da carga de trabalho da tipografia, o estoque em processo acumulado nas prateleiras do controle de qualidade vem aumentando a cada dia. Antigamente, todos os setores excluindo-se o de preparação de matéria prima se alternavam no acúmulo de tarefas de acordo com o tipo e quantidade de pedidos solicitados. Entretanto, com as novas aquisições os pedidos passam rapidamente pelos outros setores, chegando ao controle de qualidade uma grande quantidade de carga de trabalho, maior que sua capacidade produtiva. Além disso, neste segundo semestre de 2003 a empresa vem verificando um aumento do número de pedidos, que apesar de ser uma excelente notícia, esta sendo um

grande problema no controle de qualidade que parece estar sendo solicitado por uma carga de trabalho maior do que sua capacidade.

De modo geral, a compra das impressoras resultou em um aumento na capacidade produtiva da empresa, gerando uma diminuição expressiva nos prazos de entrega, de 45 para 30 dias. Como consequência, as filas nos setores de tipografia e impressão foram praticamente extintas, enquanto o acúmulo de trabalho no controle de qualidade vem se tornando cada vez maior.

6.3 Determinação do gargalo

Seguindo a metodologia proposta, já mapeado e conhecido o processo, é necessária a determinação da existência ou não de um gargalo, pois sua existência pode facilitar tanto a implantação do modelo quanto sua operacionalização, como foi discutido nos capítulos 4 e 5. Para determinar o gargalo, a metodologia sugere a adoção de duas análises: a rotina das pastas datadas, para averiguação do tempo de permanência de um conjunto de pedidos nos diversos setores e a análise de pedidos urgentes.

6.3.1 Aplicação da rotina das pastas datadas

Foram analisados os pedidos feitos entre o dia 25 de agosto e 1 de setembro. Durante este período foram realizados 40 pedidos, sendo que 6 foram ordens de produção para substituir refugos e 1 foi urgente.

A análise das pastas é uma maneira fácil de visualizar se algum setor está atrasando a produção, isso porque ela revela quanto cada pedido ficou em cada setor, seja na sua fila ou em processo, independente dos atributos do pedido.

Esta análise deverá evidenciar o que já é conhecido, já que acompanhando a produção atual da empresa, fica claro que o controle de qualidade e acabamento é o gargalo de toda linha de produção. Isso pode ser percebido pelo constante acúmulo de estoques em processo em sua prateleira de entrada. A tabela a seguir contém os

pedidos realizados entre 25 de agosto e 1 de setembro, nela estão as datas das entradas em todos os setores, a data acordada para a entrega dos pedidos, e também, o tipo de pedido (urgente, normal ou refugo). Para os pedidos urgentes e refugos, ao invés da data de entrega acordada, foi colocada a palavra expirado, já que esta é a forma como é preenchida a OP. A numeração dos pedidos é feita colocando-se o mês que foi disparada a ordem de produção para a execução do pedido, seguido do número de pedidos acumulados feitos no mês. No anexo A, está a folha inserida na OP de cada pedido, que possibilitou este acompanhamento.

Pedido	Tipo	Data acordada	Data de entrada nos setores						
			PM	TM	TL	TT	I	CQ	Expedição
8123	N	24-set	25-ago				25-ago	26-ago	16-set
8124	N	24-set	25-ago	25-ago	26-ago		26-ago	26-ago	16-set
8125	N	24-set	25-ago	26-ago	26-ago		27-ago	27-ago	16-set
8126	N	24-set	25-ago				26-ago	26-ago	17-set
8127	N	24-set	25-ago	26-ago	26-ago		27-ago	27-ago	17-set
8128	R	Expirado	26-ago	26-ago	26-ago		27-ago	27-ago	27-ago
8129	N	25-set	26-ago	26-ago			27-ago	28-ago	17-set
8130	N	25-set	26-ago	26-ago	27-ago	27-ago		28-ago	18-set
8131	N	25-set	26-ago	27-ago	27-ago		28-ago	28-ago	18-set
8132	N	25-set	26-ago				27-ago	27-ago	18-set
8133	R	Expirado	26-ago	26-ago	27-ago		27-ago	28-ago	28-ago
8134	N	25-set	26-ago				27-ago	28-ago	18-set
8135	N	25-set	26-ago	27-ago	28-ago		28-ago	29-ago	18-set
8136	N	26-set	27-ago				27-ago	29-ago	19-set
8137	N	26-set	27-ago				28-ago	29-ago	19-set
8138	N	26-set	27-ago	28-ago	28-ago	29-ago		1-set	19-set
8139	N	26-set	27-ago				28-ago	29-ago	19-set
8140	N	26-set	27-ago	28-ago	28-ago		29-ago	1-set	22-set
8141	N	26-set	27-ago				28-ago	1-set	22-set
8142	R	Expirado	27-ago	27-ago	28-ago	28-ago		29-ago	29-ago
8143	N	26-set	27-ago				28-ago	1-set	23-set
8144	N	26-set	27-ago				28-ago	1-set	23-set
8145	U	Expirado	28-ago				28-ago	29-ago	1-set
8146	N	26-set	27-ago				29-ago	1-set	23-set
8147	N	29-set	28-ago	29-ago	29-ago		1-set	1-set	23-set
8148	R	Expirado	29-ago				29-ago	1-set	1-set
8149	N	30-set	29-ago	29-ago			1-set	2-set	24-set
8150	N	30-set	29-ago	29-ago	1-set		2-set	2-set	24-set
8151	N	30-set	29-ago				29-ago	1-set	24-set
8152	N	30-set	29-ago				29-ago	1-set	24-set
8153	N	30-set	29-ago				1-set	1-set	25-set
8154	N	30-set	29-ago				1-set	2-set	25-set
8155	R	Expirado	29-ago				29-ago	1-set	1-set
9001	N	30-set	29-ago	1-set	2-set		3-set	3-set	25-set
9002	N	1-out	1-set				1-set	2-set	25-set
9003	N	1-out	1-set	2-set	3-set		3-set	3-set	25-set
9004	N	1-out	1-set				2-set	2-set	26-set
9005	R	Expirado	1-set	2-set	2-set	3-set		4-set	4-set
9006	N	1-out	1-set	2-set	3-set		3-set	4-set	29-set
9007	N	1-out	1-set	2-set	3-set		4-set	4-set	29-set

Tabela 6: Aplicação da rotina das pastas datadas (elaborado pelo autor)

Analizando as médias de permanência dos pedidos em cada setor, podemos concluir que excluindo o controle de qualidade e acabamento, que apresenta uma média de 13 dias úteis, todos os outros apresentam médias próximas de 1. Excluindo os pedidos urgentes, a média de permanência no controle de qualidade chega a 16 dias úteis. Além disso, é possível notar que o tempo de passagem por este setor foi aumentando, para os primeiros pedidos os valores giravam entre 14 e 15 e para os últimos entre 16 e 17, chegando alguns até a 18 dias úteis. O que pode significar que a carga de trabalho está sendo maior do que a capacidade produtiva, e o setor possui uma quantidade de saídas menor do que de entradas. Podemos então adotar a simplificação da existência do gargalo, já que o tempo mínimo de espera na fila do controle de qualidade foi de 14 dias úteis, enquanto que o maior tempo de passagem por todos os outros setores foi de 4 dias úteis.

Antes de tomar uma atitude que possa incorrer em altos custos para a empresa, como contratação de mão de obra, a direção está aguardando para verificar se o número atípico de pedidos realizados nesses últimos meses se mantém, ou se haverá uma queda nas encomendas. Pode-se dizer que a situação da empresa é confortável já que antes da compra das impressoras a empresa possuía maiores tempos de finalização da produção. Entretanto, a verificação da manutenção da demanda ou o seu aumento exigirão alguma atitude, caso contrário, em médio prazo a empresa poderá perder clientes insatisfeitos com longos prazos de entrega.

6.3.2 Análise dos pedidos urgentes

Durante o período que foi feita a análise das pastas datadas, apenas um pedido urgente que não tivesse sua origem ligada à substituição de refugos foi observado, este foi o pedido 8145. Ocorreram 6 pedidos urgentes para substituição de refugos neste intervalo de tempo, entretanto nenhum deles foi observado devido à pequena quantidade de diplomas nestes pedidos.

O pedido 8145 será plotado em um gráfico de Gantt, não pelo fato de ainda não ter ficado claro qual é o gargalo, mas por ter sido aconselhado o acompanhamento de

alguns pedidos urgentes na metodologia, se achou útil a demonstração de um exemplo, e também porque como veremos, o exemplo é bastante ilustrativo para mostrar que não basta medir o tempo de passagem de um pedido pelo setor para tirar conclusões a respeito de possíveis gargalos.

Para acompanhar este pedido, a recomendação que o funcionário de PCP da empresa passou para os empregados da linha era para ser chamado assim que este fosse retirado da prateleira para ter seu processamento iniciado. Desta forma, o funcionário pode anotar a hora exata em que a produção começou, bem como sua finalização. O gráfico de Gantt que será plotado será utilizado apenas para verificação do tempo de processamento em cada setor, serão desconsiderados os tempos de espera e intervalos de produção da empresa.

O pedido 8145 era composto por 203 diplomas, e apesar da grande quantidade ele seguiu o fluxo A. O material deste diploma era de pergaminho animal e caso fosse feita a classificação proposta no capítulo 5 ele seria inserido nos seguintes grupos: PM1, TM0, TL0, TT0, I2, CQ1. Este pedido chegou no setor de preparação de matéria prima no dia 28 de agosto às 9:35 h, como um pedido já estava sendo processado, as operações só foram iniciadas às 10:12 h e se prolongaram até 12:25 h, sendo executado pelos dois funcionários da preparação de matéria prima em 2 horas e 13 minutos. Seguindo para a impressão onde teve seu processamento iniciado às 13:50 h do mesmo dia estendendo-se por 7 horas e 28 minutos, respeitando-se os horários da empresa, a produção foi encerrada às 11:55 h do dia 29 de agosto. A verificação no controle de qualidade e acabamento foi iniciada às 13:35 h do mesmo dia, simultaneamente pelos 2 funcionários, e foi encerrada no dia 1 de setembro às 9:33 h, possuindo uma duração de 5 horas e 21 minutos. Estes dados foram plotados em um gráfico de Gantt:

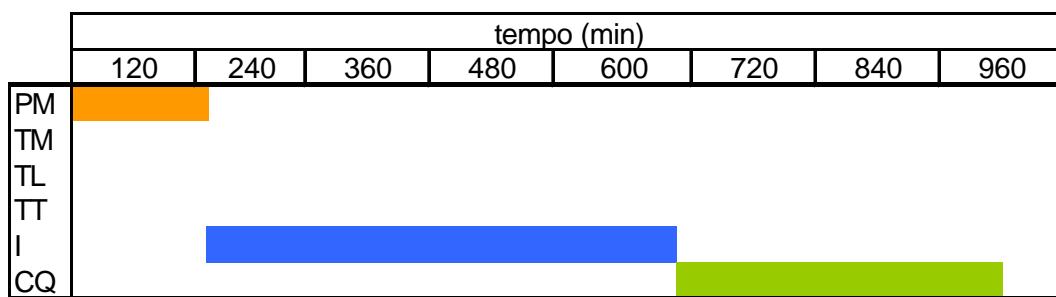


Figura 14: Gráfico dos tempos de processamento para o pedido 8145 (elaborado pelo autor)

Uma simples análise neste gráfico poderia indicar a impressão como o processo critico da linha de produção. Entretanto isto não é verdade, e este foi um dos principais motivos para a representação deste pedido nesta forma. Para mostrar aos funcionários da empresa que não basta medir o tempo de passagem de um pedido por um setor para se chegar à conclusão de qual é o gargalo. Ao passar pela impressão, este pedido ocupou apenas uma impressora, deixando as outras três livres para o processamento de outros pedidos, já os setores de controle de qualidade e preparação de matéria prima utilizaram todos os recursos produtivos apenas para processar este pedido.

6.4 Estimativa do tempo de passagem pelo processo gargalo

A aplicação das pastas datadas indicou o controle de qualidade e acabamento como gargalo global da empresa. Seguindo a metodologia proposta, para saber quando um novo pedido será finalizado, basta saber o tempo que todos os pedidos, que possuem uma data de entrega menor, demorarão para passar por este setor e acrescentar uma folga referente aos pedidos urgentes, que serão solicitados enquanto o pedido estiver na linha de produção. Além disso seria necessário acrescer o tempo de passagem pelos setores seguintes ao gargalo, entretanto por ser este o final da linha, este tempo é inexistente.

Deve-se agora estimar o tempo de passagem dos grupos definidos no capítulo 5. O CQ0 não possui nenhum integrante, já que este é o final linha de produção e todos os pedidos devem passar por ele. Mesmo havendo grandes diferenças entre os pedidos, só foi criado um grupo com tempo de passagem diferente de 0, o CQ1, isso porque é

muito difícil fazer qualquer estimativa a respeito do tempo de passagem de qualquer pedido por este setor, devido a grande quantidade de fatores que podem influenciar. Por este motivo a melhor solução encontrada foi a de verificar a quantidade de diplomas, e não de pedidos, que os funcionários conseguem verificar em um certo intervalo de tempo. Durante os dias 6 e 10 de outubro os operadores preencheram uma ficha (anexo B), na qual diariamente colocavam quantos pedidos foram analisados durante o dia. Os pedidos que foram analisados, bem como as quantidades de diplomas analisadas por dia podem ser encontrados no anexo C.

Com estes dados foi obtida uma média de 304 diplomas verificados diariamente, ou um tempo de passagem pelo setor de aproximadamente 100 segundos para cada diploma, ou seja, em média um operador leva 200 segundos para verificar um diploma. Devido à forma como foi realizada, esta estimativa já inclui a ociosidade dos operadores. Nesta análise, foi solicitado aos operadores a não realização da verificação de pedidos conjuntamente, pois a direção de empresa gostaria de avaliar a capacidade de cada operador. Esta informação não foi passada para eles, para que não influenciasse nos tempos, sendo informado que esta seria uma medida para facilitar a análise de cada pedido. Passada esta semana os operadores retomaram a execução de suas atividades conjuntamente.

6.5 Estimativa do tempo de produção de um pedido

Mesmo sem ainda saber qual seria o tempo de passagem dos pedidos pelo setor gargalo, no dia 30 de setembro, após o expediente da fábrica, foi feita uma varredura para saber quais pedidos ainda estavam dentro da linha, para que pudesse ser realizada uma avaliação do modelo com estes dados. O primeiro pedido a chegar a expedição seria o 9015, que já estava sendo verificado pelo setor no dia 30 de setembro, restando ainda 53 diplomas de um total de 67. De todos estes, apenas um era urgente, o 9124, e já estava no controle de qualidade, logo, seria o próximo a ser verificado, assim que fosse finalizado o processo do pedido 9015.

Foi feita então uma comparação entre uma data estimada para a saída dos pedidos com a real data de chegada à expedição. O cálculo da data estimada foi feito admitindo-se que 304 pedidos são processados por dia. Como todos os pedidos esperam grande parte do tempo no setor de controle de qualidade é correto afirmar que a ordem de saída de todos eles irá respeitar a data de entrega acordada, que ultimamente vem sendo combinada como sendo de 22 dias úteis após a encomenda. A numeração das OPs geralmente obedece à mesma ordem da data de entrega já que esta sendo feita por apenas um funcionário. A estimativa foi feita para todos os pedidos que estavam na linha de produção no final do dia 30 de setembro e também para o primeiro pedido feito em 1 de outubro de 2003.

Setor em 1 de outubro	Pedido	Fluxo	Diplomas por pedido	Previsão de Finalização	Chegada à expedição
CQ	9015	B	67	1-out	1-out
CQ	9124	B	2	1-out	1-out
CQ	9016	B	111	1-out	1-out
CQ	9017	A	59	1-out	1-out
CQ	9018	A	164	2-out	2-out
CQ	9019	A	99	2-out	2-out
CQ	9020	A	72	2-out	2-out
CQ	9021	B	60	3-out	2-out
CQ	9022	B	169	3-out	3-out
CQ	9023	B	95	3-out	3-out
CQ	9024	C	35	6-out	3-out
CQ	9025	B	59	6-out	6-out
CQ	9026	B	6	6-out	6-out
CQ	9027	B	27	6-out	6-out
CQ	9028	B	59	6-out	6-out
CQ	9029	C	17	6-out	6-out
CQ	9030	A	1	6-out	6-out
CQ	9031	A	82	6-out	7-out
CQ	9032	B	74	7-out	7-out
CQ	9033	B	167	7-out	8-out
CQ	9034	A	79	7-out	7-out
CQ	9035	A	26	7-out	7-out
CQ	9036	A	12	8-out	8-out
CQ	9037	A	146	8-out	9-out
CQ	9038	A	49	8-out	8-out
CQ	9039	C	50	8-out	8-out
CQ	9040	B	43	8-out	9-out
CQ	9041	A	83	9-out	9-out
CQ	9042	A	8	9-out	9-out
CQ	9043	B	46	9-out	9-out
CQ	9044	B	21	9-out	9-out
CQ	9045	B	6	9-out	9-out
CQ	9046	A	56	9-out	9-out
CQ	9047	B	32	9-out	9-out
CQ	9048	C	21	9-out	10-out
CQ	9049	B	17	9-out	10-out
CQ	9050	B	33	10-out	10-out
CQ	9051	A	22	10-out	10-out
CQ	9052	B	52	10-out	10-out

Tabela 7: Estimativa da finalização de um conjunto de pedidos (elaborado pelo autor)

Setor em 1 de outubro	Pedido	Fluxo	Diplomas por pedido	Previsão de Finalização	Chegada à expedição
CQ	9053	A	4	10-out	10-out
CQ	9054	B	31	10-out	10-out
CQ	9055	A	59	10-out	10-out
CQ	9056	B	72	10-out	10-out
CQ	9057	A	29	10-out	13-out
CQ	9058	B	15	10-out	13-out
CQ	9059	A	7	10-out	13-out
CQ	9060	B	105	13-out	13-out
CQ	9061	B	7	13-out	13-out
CQ	9062	B	28	13-out	13-out
CQ	9063	B	42	13-out	13-out
CQ	9064	A	4	13-out	13-out
CQ	9065	A	56	13-out	13-out
CQ	9066	B	10	13-out	13-out
CQ	9067	A	49	13-out	14-out
CQ	9068	A	73	14-out	14-out
CQ	9069	B	7	14-out	14-out
CQ	9070	A	64	14-out	14-out
CQ	9071	A	35	14-out	14-out
CQ	9072	A	83	14-out	14-out
CQ	9073	A	3	14-out	14-out
CQ	9074	C	92	15-out	15-out
CQ	9075	A	77	15-out	15-out
CQ	9076	B	112	15-out	15-out
CQ	9077	B	2	15-out	15-out
CQ	9078	A	56	15-out	16-out
CQ	9079	B	38	16-out	16-out
CQ	9080	B	3	16-out	16-out
CQ	9081	B	63	16-out	16-out
CQ	9082	A	39	16-out	16-out
CQ	9083	B	41	16-out	16-out
CQ	9084	A	2	16-out	16-out
CQ	9085	A	10	16-out	17-out
CQ	9086	B	50	16-out	17-out
CQ	9087	A	8	16-out	17-out
CQ	9088	B	23	16-out	17-out
CQ	9089	A	3	16-out	17-out
CQ	9090	B	98	17-out	17-out
CQ	9091	A	7	17-out	17-out

Tabela 7: Estimativa da finalização de um conjunto de pedidos (continuação)

Setor em 1 de outubro	Pedido	Fluxo	Diplomas por pedido	Previsão de Finalização	Chegada à expedição
CQ	9092	A	1	17-out	17-out
CQ	9093	B	26	17-out	17-out
CQ	9094	B	7	17-out	17-out
CQ	9095	B	107	17-out	20-out
CQ	9096	B	143	20-out	20-out
CQ	9097	A	2	20-out	20-out
CQ	9098	A	31	20-out	20-out
CQ	9099	B	97	20-out	21-out
CQ	9100	B	43	20-out	21-out
CQ	9101	B	79	21-out	21-out
CQ	9102	A	49	21-out	21-out
CQ	9103	A	4	21-out	21-out
CQ	9104	B	101	21-out	21-out
CQ	9105	B	45	21-out	22-out
CQ	9106	B	50	21-out	22-out
CQ	9107	B	74	22-out	22-out
CQ	9108	B	21	22-out	22-out
CQ	9109	B	48	22-out	22-out
CQ	9110	B	34	22-out	23-out
CQ	9111	A	9	22-out	23-out
CQ	9112	A	29	22-out	23-out
CQ	9113	B	133	22-out	23-out
CQ	9114	B	2	22-out	23-out
CQ	9115	A	1	22-out	23-out
CQ	9116	A	84	23-out	24-out
I	9117	B	1	23-out	24-out
I	9118	B	93	23-out	24-out
I	9119	B	5	23-out	24-out
I	9120	B	8	23-out	24-out
TL	9121	B	121	24-out	24-out
TL	9122	C	100	24-out	27-out
TL	9123	B	100	24-out	27-out
I	9125	A	45	24-out	27-out
TM	9126	B	43	24-out	27-out
I	9127	A	8	24-out	27-out
TM	9128	B	10	27-out	27-out
PM	9129	B	1	27-out	27-out
PM	9130	A	66	27-out	28-out
PM	10001	A	36	27-out	28-out

Tabela 7: Estimativa da finalização de um conjunto de pedidos (continuação)

O pedido 10001 chegou a expedição no dia 28 de outubro de 2003, apenas um dia mais do que a previsão. Entretanto, o excelente resultado obtido deve ser olhado com muita cautela, já que o período para o qual foi feita a análise compreende as data para qual foi estimado o tempo de passagem pelo setor, e também porque durante os dias 1 e 28 de outubro, houve uma pequena quantidade de pedidos urgentes, quando comparada a de outros períodos. Estes foram:

Pedido	Chegada a expedição	Diplomas por pedido
10003	6-out	2
10007	8-out	60
10011	8-out	4
10023	9-out	1
10037	13-out	2
10049	14-out	1
10052	16-out	1
10059	17-out	85
10061	20-out	5
10068	21-out	3
10078	23-out	105
10096	24-out	2
10098	24-out	1
Total		272

Tabela 8: Pedidos urgentes verificados no período de 1-out. até 28-out. (elaborado pelo autor)

Durante este período, o setor de controle de qualidade verificou 272 diplomas de pedidos urgentes, que não estavam previstos no dia 30 de setembro e 5577 que já estavam previstos, sendo que um deles era urgente, o 9124. A média de produtos verificados durante este período foi de 305,7 diplomas por dia, se considerarmos que desde o dia 1 até 27 de outubro (19 dias úteis) foram verificados 5809 diplomas, já que 14 diplomas do pedido 9015 foram verificados no dia 30 de setembro e que 62 do pedido 9130 foram verificados no dia 27 de outubro. Desta forma, uma possível fonte de erro acabou suavizando a outra, já que a média de diplomas verificados no período foi maior que a estimada, o que deveria fazer com que a data prevista de finalização fosse maior que a real chegada à expedição, enquanto que a ocorrência de pedidos urgentes deveria atrasar a produção.

6.6 Utilização do modelo pela empresa

Atualmente a empresa vem utilizando uma planilha em Excel, na qual estão listados todos os pedidos que se encontram na linha de produção. A medida que estes vão saindo, são retirados. Novos pedidos são inseridos no final desta lista, em caso de pedidos urgentes o procedimento é o mesmo, já que a influência sobre os já listados já deve ter sido considerada pela folga extra. Esta planilha é extremamente simples, existe uma coluna com a numeração, outra com a quantidade de diplomas e uma terceira com a quantidade de diplomas acumulados. A partir desta terceira coluna já é possível o cálculo de quantos dias são necessários para que algum pedido desta lista seja finalizado, partindo do pressuposto que se conhece a quantidade de diplomas que são verificados em um dia. Basta dividir o número de diplomas acumulados pela capacidade e considerar o valor inteiro do quociente (número de dias úteis necessários). A empresa ao invés de utilizar o fator multiplicador para compensar os urgentes, preferiu adotar uma folga de 5 dias úteis para fornecer o prazo para o cliente. Esta folga foi considerada suficiente para representar o prazo para entrega, a ocorrência de pedidos urgentes e algum outro imprevisto que possa vir ocorrer.

No caso de algum dos diplomas do pedido ser refugado, dependendo do prazo de entrega acordado, a empresa contratante é notificada, e em caso de urgência, os diplomas já aprovados são entregues, enquanto é finalizado o reprocessamento dos refugos.

A metodologia que considera o gargalo para estimar os prazos de produção não é capaz de fornecer esta informação para os pedidos urgentes, entretanto o histórico destes pedidos revela que este prazo não costuma ultrapassar 5 dias úteis. Nestes casos, quando é solicitado um prazo, a empresa estima de três a cinco dias úteis para a produção, dependendo do tamanho do pedido e da quantidade de diplomas de pedidos urgentes dentro da linha.

Caso algum outro setor fosse o gargalo e a estimativa de saída fosse feita através dele, o procedimento seria o mesmo. Entretanto para os outros setores ao invés de pedidos verificados por dia, a capacidade seria medida em tempo de processamento disponível, e a carga de trabalho para cada pedido deveria ser medida através dos tempos de passagem por cada setor, conforme descrito nos capítulos 4 e 5.

No caso da não existência do gargalo, depois de verificados todos os tempos, o algoritmo das matrizes deveria ser utilizado, para que pudesse ser simulada a ordem de processamento dos pedidos, neste caso, todos os setores deveriam ter a capacidade e carga de trabalho expressa em tempos. Para o setor de controle de qualidade bastaria dividir o tempo disponível em um dia de trabalho por 304 pedidos, obtendo-se assim o tempo de passagem de cada diploma.

CAPÍTULO 7 - SUGESTÕES E CONCLUSÕES

7.1 Resultados obtidos

A aplicação deste trabalho forneceu resultados satisfatórios quanto à estimativa da finalização da produção. Com isso, a empresa conta com uma forma de controlar a produção que vem se mostrando bastante eficiente. Entretanto, além do objetivo principal deste trabalho, outros benefícios podem ser extraídos das análises realizadas e com isso, a empresa pode vir a ter um grande aumento de produtividade. As análises mostraram ser o setor de controle de qualidade o gargalo da produção. Caso sua capacidade fosse adequada a dos outros setores, a empresa teria condições de fornecer ao cliente prazos muito inferiores, também podendo processar uma maior quantidade de pedidos, caso estes fossem demandados.

A análise das pastas datadas sugere que esta se formando uma fila infinita no setor de controle de qualidade e acabamento, pois a quantidade de pedidos que chega a este setor está sendo maior que a quantidade que pode ser verificada, com isso os tempos de permanência na fila estão aumentando a cada dia. Foi verificado um aumento significativo da quantidade de pedidos encomendados nos últimos meses, talvez essa seja apenas uma flutuação da demanda, ou talvez, o bom trabalho desenvolvido pela empresa esteja resultando em uma quantidade maior de clientes e pedidos. Caso a demanda continue nos níveis atuais ou aumente, em pouco tempo o setor de controle de qualidade não terá condições de expedir os trabalhos em um tempo que possa ser considerado competitivo, gerando atrasos e perda de clientes. Neste caso algumas atitudes devem ser tomadas para que isto não ocorra. A solução mais simples seria a contratação de mais um funcionário para este setor, entretanto a diminuição da demanda geraria ociosidade, além de maiores custos para a empresa. Antes de tomar esta atitude algumas sugestões foram passadas a empresa para que a produtividade deste setor fosse ampliada.

7.2 Sugestões a serem aplicadas no controle de qualidade

Ao retirar um pedido da prateleira de entrada deste setor, os funcionários dividem os diplomas contidos na pasta, e começam a ordená-los alfabeticamente, pois desta forma consideram ser mais fácil a verificação dos pedidos e também porque será necessário fazê-lo, já que os pedidos devem chegar à expedição já ordenados. Em seguida, cada um dos funcionários começa a conferir os diplomas. Destes, alguns passam sem nenhuma modificação, já em outros são feitos retoques e correções. Dos que sofrem alterações, alguns são aprovados e outros rejeitados. Para estes últimos, os funcionários deste setor devem fazer a montagem de uma espécie de OP, que será incrementada pelo funcionário de PCP, que então distribuirá a OP definitiva.

Primeiramente algumas tarefas podem ser passadas para outros setores. Os pedidos poderiam já chegar ordenados ao controle de qualidade ao saírem da impressão, e da tipografia do texto. No setor de impressão, algum funcionário poderia ficar encarregado de ordenar os pedidos impressos antes de colocá-lo na prateleira de saída, já que ao juntar os trabalhos das quatro impressoras os diplomas acabam ficando desordenados. No caso da tipografia de texto, o mesmo poderia acontecer já que ao executar a operação a ordem com que os diplomas são processados não é a alfabética, já que podem existir campos em comuns para alguns diplomas do pedido, sendo possível aproveitar o arranjo dos tipos colocados na chapa. Como a maior ociosidade observada na empresa está na tipografia do texto, este funcionário poderia ficar responsável por ordenar todos os trabalhos, inclusive os que são processados pelo setor de impressão. Outra atividade que poderia ser transferida do controle de qualidade para a expedição ou para o funcionário de PCP, seria a montagem parcial da OP, ficando sob responsabilidade dos funcionários do controle de qualidade apenas a tarefa de separar os diplomas que precisam ser reprocessados. Com a transferência destas duas tarefas, a quantidade de tempo que estaria sendo ganha no setor não seria muito alta, entretanto por se tratar do gargalo, qualquer ganho é significativo para a produção.

Estas alterações propostas são simples de serem aplicadas, entretanto, existem outras alternativas para aumentar a capacidade do controle de qualidade, que exigem uma análise um pouco mais detalhada dos pedidos verificados. Serão expostas as idéias iniciais para servirem de inspiração para que um novo trabalho possa ser desenvolvido, exemplificando alguns dos procedimentos.

7.2.1 Análise dos pedidos verificados pelo controle de qualidade

Para aumentar a quantidade de diplomas verificados no controle de qualidade devem ser criados métodos para que o tempo de verificação seja menor. Todos os diplomas que chegam ao controle de qualidade são inspecionados, podendo ser aprovados com ou sem correções e retoques, ou rejeitados, geralmente com tentativas de correções. Os funcionários deste setor acreditam que se fosse diminuído o número de pedidos que devem ser modificados, seriam capazes de verificar uma quantidade muito maior de diplomas.

A maioria dos diplomas passa por este setor sem ser alterada, uma diminuição no tempo de verificação destes pedidos seria muito significativa, entretanto não há como reduzir este tempo, já que todos os diplomas precisam ser minuciosamente conferidos. Em compensação, existe realmente uma parcela razoável de diplomas que é retocada, e caso seja comprovado que realmente esse tempo seja significativamente maior, retardando o trabalho dos funcionários do setor de controle de qualidade e acabamento, devem ser observadas as causas que provocam a maioria dos defeitos e tentar solucioná-las nos setores em que ocorram.

Para fazer esta análise uma ferramenta que pode ser utilizada é o Gráfico de Pareto. Desta forma, é possível analisar a freqüência de ocorrências de determinados intervalos de tempo de verificação de diplomas. Os intervalos com maior freqüência podem possuir causas geradoras de defeitos em comum. Um combate a estas causas pode reduzir o número de defeitos e consequentemente a carga de trabalho no processo gargalo.

Para exemplificação do que foi proposto, foram analisados alguns diplomas. Esta análise é apenas ilustrativa, já que para poderem ser tiradas conclusões mais precisas uma quantidade maior de pedidos deve ser analisada. Mesmo assim já foi possível comprovar que realmente os pedidos que são corrigidos possuem um tempo de processamento bem superior.

Alguns diplomas de 4 pedidos foram analisados. Para todos eles foram cronometrados os tempos de verificação e anotados a ocorrência ou não de correções, bem como o tipo de defeito que originou tal correção. O número dos pedidos, o fluxo seguido, e também a quantidade de diplomas analisados em cada pedido, estão listados na tabela abaixo.

Pedido	Fluxo	Quantidade de diplomas analisados
10019	B	43
10020	B	39
10021	A	20
10022	A	14

Tabela 9: Diplomas que tiveram seus tempos cronometrados (elaborado pelo autor)

Com o tempo de passagem dos 116 diplomas verificados foi plotado o seguinte gráfico:

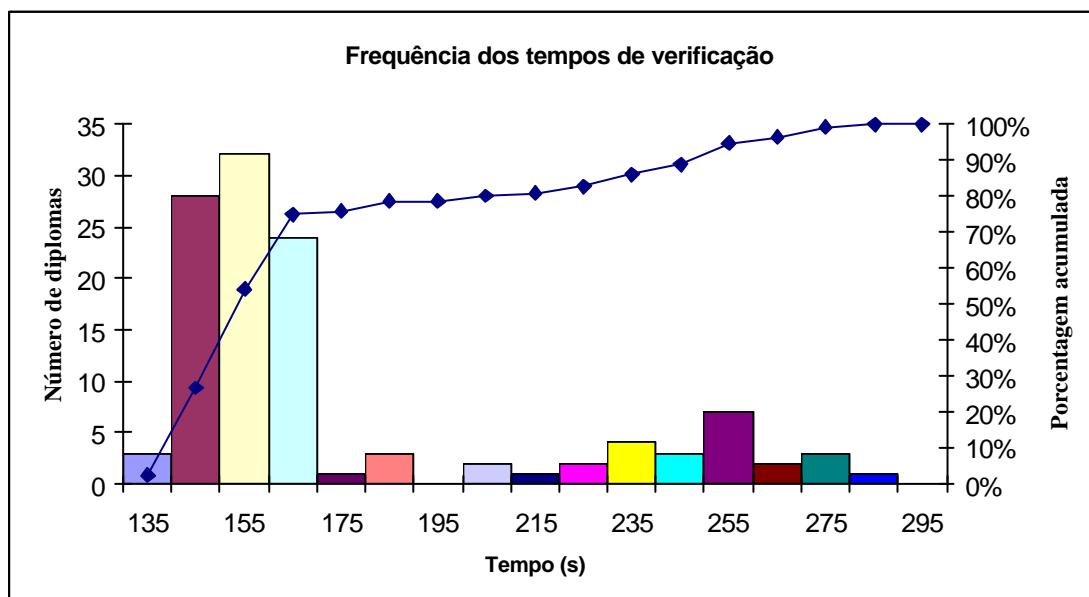


Figura 15: Gráfico da freqüência dos tempos de verificação dos diplomas (elaborado pelo autor)

Os tempos de verificação dos diplomas possuíram uma média de 175,2 segundos e desvio padrão de 40,2 segundos, para esta amostra.

Este gráfico indica uma grande concentração de pedidos com tempo de verificação abaixo de 170 segundos, analisando os tempos cronometrados, podemos notar que a maioria dos pedidos que possui tempo de verificação inferior a 170 segundos é constituída por pedidos que não são modificados pelo setor de controle de qualidade e acabamento. A seguir será plotado o gráfico apenas para os pedidos que não foram alterados.

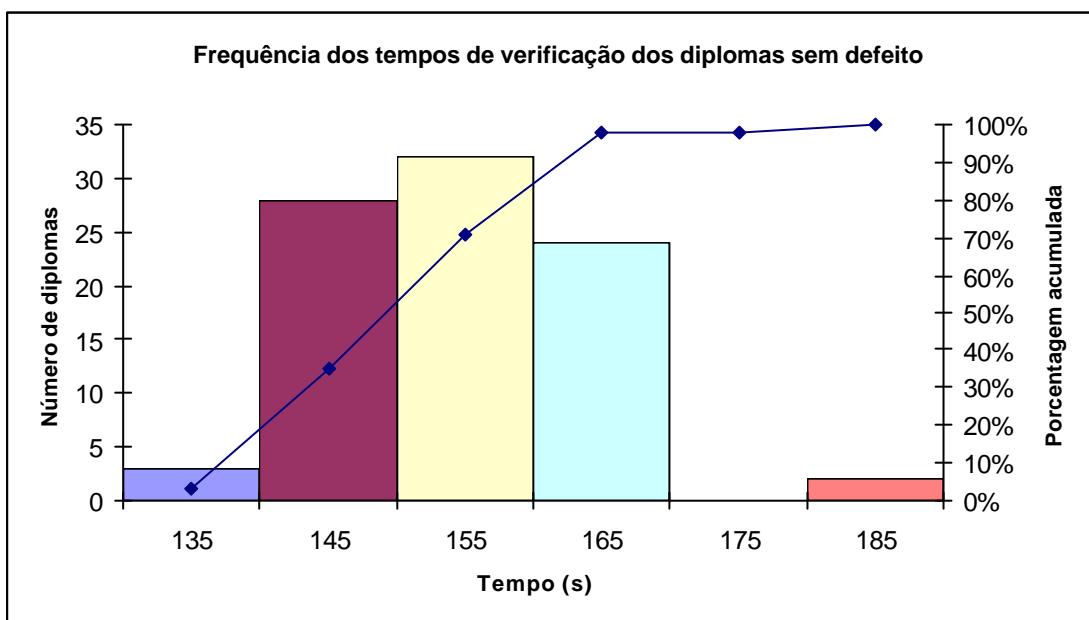


Figura 16: Gráfico da freqüência dos tempos de verificação dos diplomas sem defeito (elaborado pelo autor)

Os tempos de verificação dos diplomas sem defeito possuíram uma média de 155,6 segundos e desvio padrão de 11,3 segundos, para esta amostra.

Para completar a análise dos gráficos, serão plotados os tempos dos diplomas que foram alterados pelo controle de qualidade.

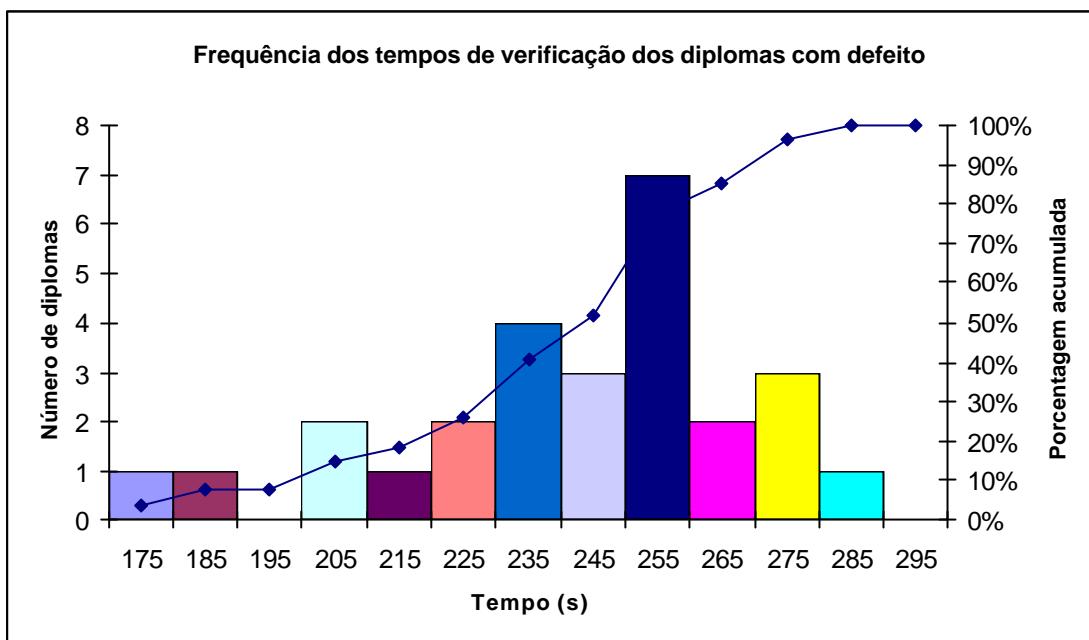


Figura 17: Gráfico da freqüência dos tempos de verificação dos diplomas com defeito (elaborado pelo autor)

Os tempos de verificação dos diplomas com defeito possuíram uma média de 242,4 segundos e desvio padrão de 27,2 segundos, para esta amostra.

Através destes dois últimos gráficos, fica claro que os diplomas que são alterados possuem um tempo de verificação maior que os que não são. Dos diplomas observados, aproximadamente 23% foram modificados pelo controle de qualidade. Caso não existissem unidades defeituosas, e a média de verificação fosse de 155,6 segundos, os funcionários deste setor seriam capazes de fazer 387 verificações diárias, que é um valor consideravelmente maior do que as 304 realizadas atualmente.

Desta forma, atacar as principais causas geradoras destes defeitos na linha de produção pode economizar o precioso tempo do controle de qualidade. Fica aqui, a sugestão para a realização deste novo trabalho que pode vir a reduzir a quantidade de correções a ser feita no controle de qualidade, bem como a quantidade de refugos produzidos.

7.3 Conclusões finais

O trabalho realizado conseguiu suprir a deficiência da empresa ao fornecer e aplicar uma metodologia capaz de estimar o prazo de produção de uma nova encomenda. A estimativa do prazo de entrega, em uma indústria intermitente sob encomenda, é uma tarefa complexa, já que deve ser fornecida no momento da encomenda de um pedido que nunca foi produzido e que irá gerar uma carga de trabalho desconhecida até então. No caso do Grupo Artes, a grande quantidade de pedidos realizados, dificulta ainda mais esta estimativa, pois impossibilita uma análise mais profunda de cada pedido. Tão importante quanto à precisão do resultado da estimativa, deve ser a agilidade com que ela é obtida, já que os clientes esperam ter esta informação no momento em que estão executando a encomenda.

Nas indústrias contínua com diferenciação e intermitente repetitiva, os produtos, bem como a carga de trabalho por eles gerada é conhecida, o que torna a estimativa do tempo de produção uma tarefa bem mais simples. A grande dificuldade no caso da indústria sob encomenda é a de atribuir uma carga de trabalho correta aos pedidos. Caso esta seja atribuída equivocadamente, a ordem com que são processados os pedidos poderia ser diferente da calculada e com isso a estimativa de finalização da produção estaria incorreta. Com a existência de um gargalo na produção, que possua uma longa fila, a estimativa de finalização pode ser focada apenas nesta atividade, simplificando a necessidade de se simular a programação da produção por todos os setores.

Ao final deste trabalho, pode-se considerar que todas as etapas para a estimativa do tempo de produção foram concluídas e que talvez mais importante que o resultado obtido, tenham sido os conceitos debatidos que poderão facilitar algum trabalho que possua o mesmo objetivo que este.

ANEXOS

Pedido: _____

Data de entrega: _____ / _____ / _____

Setor	Data de entrada
Preparação de matéria-prima	_____ / _____ / _____
Tipografia de moldura	_____ / _____ / _____
Tipografia de logo	_____ / _____ / _____
Tipografia de texto	_____ / _____ / _____
Impressão	_____ / _____ / _____
Controle de Qualidade e acabamento	_____ / _____ / _____
Expedição	_____ / _____ / _____

Funcionário: _____

Data: _____

Para o dia 6 de outubro:

Data	Pedido	Operador	Quantidade
6/out/03	9025	Fernando	52
6/out/03	9026	Jair	6
6/out/03	9027	Jair	27
6/out/03	9028	Jair	59
6/out/03	9029	Fernando	17
6/out/03	9030	Fernando	1
6/out/03	10003	Fernando	2
6/out/03	9031	Fernando	71
6/out/03	9032	Jair	70
Total			305

Tabela 10: Diplomas verificados no dia 6 de outubro de 2003 (elaborado pelo autor)

Para o dia 7 de outubro:

Data	Pedido	Operador	Quantidade
7/out/03	9031	Fernando	11
7/out/03	9032	Jair	4
7/out/03	9033	Jair	140
7/out/03	9034	Fernando	79
7/out/03	9035	Fernando	26
7/out/03	10007	Fernando	35
Total			295

Tabela 11: Diplomas verificados no dia 7 de outubro de 2003 (elaborado pelo autor)

Para o dia 8 de outubro:

Data	Pedido	Operador	Quantidade
8/out/03	10007	Fernando	25
8/out/03	9033	Jair	27
8/out/03	9036	Jair	12
8/out/03	9037	Fernando	137
8/out/03	9038	Jair	49
8/out/03	10011	Jair	4
8/out/03	9039	Jair	50
Total			304

Tabela 12: Diplomas verificados no dia 8 de outubro de 2003 (elaborado pelo autor)

Para o dia 9 de outubro:

Data	Pedido	Operador	Quantidade
9/out/03	9037	Fernando	9
9/out/03	9040	Jair	43
9/out/03	9041	Fernando	83
9/out/03	9042	Jair	8
9/out/03	9043	Jair	46
9/out/03	9044	Jair	21
9/out/03	9045	Fernando	6
9/out/03	9046	Fernando	56
9/out/03	9047	Jair	32
9/out/03	10023	Fernando	1
Total			305

Tabela 13: Diplomas verificados no dia 9 de outubro de 2003 (elaborado pelo autor)

Para o dia 10 de outubro:

Data	Pedido	Operador	Quantidade
10/out/03	9048	Fernando	21
10/out/03	9049	Fernando	17
10/out/03	9050	Jair	33
10/out/03	9051	Fernando	22
10/out/03	9052	Jair	52
10/out/03	9053	Fernando	4
10/out/03	9054	Fernando	31
10/out/03	9055	Fernando	59
10/out/03	9056	Jair	72
Total			311

Tabela 14: Diplomas verificados no dia 10 de outubro de 2003 (elaborado pelo autor)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- o BUFFA, E.S.; MILLER, J.G. **Production-Inventory Systems: Planning and Control.** 3.ed., Homewood, Richard D. Irwin, 1979.
- o BUFFA, E.S.; TAUBERT, W.H. **Production-Inventory Systems: Planning and Control.** Irwin, Homewood, III, 1972.
- o GOLDRATT, M. E.; FOX, E.R. **A Corrida pela Vantagem Competitiva.** IMAN, São Paulo, 1989.
- o HAX, A.C.; CANDEA, D. **Production and Inventory Management.** Nova Jersey, Prentice-Hall, 1984.
- o JOHNSON, L.A.;MONTGOMERY D.C. **Operations Research in Production Planning, Scheduling and Inventory Control,** Wiley, New York, 1974.
- o MORTON, T.E.; PENTICO, D.W. **Heuristic Scheduling Systems.** Nova York, Wiley, 1993.
- o SANTORO, M.C. **Planejamento, Programação e Controle da Produção,** 2001.
- o STEVENSON, W.J. **Production / Operations Management,** Editora Irwin, 5º Edição, 1996.
- o SLACK, N. et al. **Administração da Produção.** São Paulo: Atlas, 1997.
- o ZACCARELLI, S. B. **Programação e Controle da Produção.** São Paulo: Pioneira, 1973.
- o **Associação Brasileira da Indústria Gráfica (ABIGRAF).** Disponível em <www.abrigraf.com.br>