

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

TRABALHO DE FORMATURA

***SISTEMA DE PROGRAMAÇÃO DA
PRODUÇÃO DE UMA LITOGRAFIA***

BERNARDO DE VASCONCELLOS GUIMARÃES

ORIENTADOR : HENRIQUE L. CORRÊA

1994

TF 1994
G947.1

Ao Marcelo
À Maria Inez
À Mariana
À Estefânia
À Karen

AGRADECIMENTOS

Ao professor Henrique Luis Correa pela sua preciosa orientação e pelo seu apoio durante a execução deste trabalho.

Aos professores Marco Aurélio Mesquita e Miguel Cezar Santoro.

Ao pessoal da empresa que colaborou com a execução do trabalho, especialmente aos engenheiros Amicci, Guilherme e Paulo José e ao supervisor Straccialini.

Ao meu pai, Marcelo Cota Guimarães, por sua ajuda e por suas dicas.

SUMÁRIO

Este trabalho de formatura consiste na elaboração de um sistema de programação da produção do setor de litografia de uma empresa de embalagens metálicas, baseado em um algoritmo heurístico desenvolvido pelo autor. O sistema visa minimizar o tempo gasto com preparação de equipamentos e atender os prazos de cada serviço.

ÍNDICE

1. Introdução	
1.1 - A Empresa	1
1.2 - Os Produtos	2
1.3 - O Processo	3
1.4 - O Estágio	8
2. Definição do Trabalho	
2.1 - A Escolha da Área	9
2.2 - Problemas na litografia	13
2.3 - Definição do Tema	20
3. Revisão Bibliográfica	
3.1 - Programação Linear e o Algoritmo Simplex	22
3.2 - O Problema do Caixeiro Viajante	23
3.3 - <i>Time Windows</i> (Janelas de Tempo)	24
3.4 - Folgas Dinâmicas	25
3.5 - Algoritmos Heurísticos	25
4. Análise do Problema	
4.1 - O Problema de Programação da Produção	26
4.2 - Objetivos do Sistema	29
4.3 - Participação do Usuário no Desenvolvimento do Sistema	30
4.4 - Particularidades do Problema	31
4.5 - O Processo de Elaboração do Sistema	32
5. O Algoritmo Otimizante	
5.1 - O Algoritmo	34
5.2 - Por que o Algoritmo é Inviável	39
6. O Sistema	
6.1 - Módulo 1: Entrada e Organização de Dados	41
6.2 - Módulo 2: Atribuição de cada Operação a uma Máquina	46
6.3 - Módulo 3: Sequenciação	54
7. Implantação e Testes	
7.1 - Implantação	75
7.2 - Testes	78
8. Conclusão	
8.1 - Resultados Acadêmicos	79

8.2 - Resultados para a Empresa	79
---------------------------------------	----

Bibliografia	81
---------------------------	----

Anexos

Anexo 1 - Capacidade Nominal X Produção da Litografia	82
Anexo 2 - Custo de Litografia	84
Anexo 3 - Representação de datas por números reais	85
Anexo 4 - Listagem dos Programas e Bancos de Dados	87
Anexo 5 - Lista de Pedidos - um exemplo	147
Anexo 6 - Lista de Operações - um exemplo	150
Anexo 7 - Listagens da Programação das Máquinas	151

ÍNDICE DE TABELAS

1.1.	Linha de latas da empresa	2
1.2.	Etapas do processo de fabricação de latas	4
1.3.	Material aplicado X Máquina adequada	5
1.4.	Capacidade das linhas de montagem	6
2.1.	Relação entre serviços terceirizados e produzidos	9
2.2.	Índice de refugos do setor de litografia	11
2.3.	Problemas da litografia	13
2.4.	Problemas da litografia X Critérios competitivos	20
3.1.	Tempos relacionados a <i>Time Windows</i>	24
4.1.	Serviço de litografia	27
5.1.	Problemas do algoritmo otimizante	39
6.1.	Arquivo RÓTULOS	43
6.2.	Arquivo SERVIÇOS	44
6.3.	Exemplo de atribuição das operações às máquinas	48
6.4.	Exemplo de codificação das operações	49
6.5.	Exemplo de cálculo dos TP's	50
6.6.	Exemplo de cálculo dos EPT's	51
6.7.	Exemplo de cálculo dos LPT's	52
6.8.	Arquivo OPERAÇÕES	53
6.9.	Arquivo OPMAQ 1	56
6.10.	Arquivo OPMAQ 2	57
6.11.	Arquivo OPMAQ 6	57
6.12.	Exemplo de ordenação das operações	58
6.13.	Exemplo de escolha da máquina a ser programada	59
6.14.	Exemplo do cálculo de folgas	63
6.15.	Exemplo de Prova do LPT	64
6.16.	Regras de sequenciação de uma envernizadeira	66
6.17.	Exemplo de uma operação em uma envernizadeira	66
6.18.	Exemplo de uma sequência de regras para uma envernizadeira	66
6.19.	Regras de sequenciação de uma impressora monocolor	67
6.20.	Exemplo de uma operação em uma impressora monocolor	67
6.21.	Exemplo de uma sequência de regras para uma impressora monocolor	67
6.22.	Regras de sequenciação de uma impressora bicolor	68
6.23.	Exemplo de uma operação em uma impressora bicolor	68
6.24.	Exemplo de uma sequência de regras para uma impressora bicolor	68
6.25.	Arquivo CHOSEN	69

A.1.	Velocidade de cada máquina do setor	82
A.2.	Produção da Litografia em 1993	83
A.3.	Custo interno de litografia	84
A.4.	Acréscimo no custo do setor	84
A.5.	Arquivo CALENDÁRIO	85
A.6.	Exemplo de números reais que representam datas	86

ÍNDICE DE FIGURAS

1.1.	Fluxograma do processo produtivo	3
2.1.	Layout do setor de litografia	12
4.1.	Fluxo de informações de Vendas à Litografia	27
5.1.	Representação gráfica dos TA's	36
6.1.	Entrada de dados de 1 pedido	41
6.2.	Exclusão de operações já realizadas	41
6.3.	Atribuição de cada operação a uma máquina	47
6.4.	Cálculo dos LPT's	51
6.5.	Sequenciação	55
6.6.	Obtenção dos CPT's	62
6.7.	Cálculo do EPT - 1º caso	72
6.8.	Cálculo do EPT - 2º caso	73

CAPÍTULO

1

INTRODUÇÃO

1.1 - A EMPRESA

A empresa na qual este trabalho foi desenvolvido é uma indústria metalúrgica fabricante de latas para acondicionar produtos químicos e alimentos.

A companhia é composta por 4 unidades fabris: a matriz localiza-se em São Paulo, na Barra Funda e emprega cerca de 700 funcionários. Nesta fábrica, são produzidas latas de óleo e de tinta e são litografados os rótulos das chamadas latas 900 (latas de óleo de 900 ml), que abastecem outras unidades.

As fábricas de Ouro Verde (GO) e de Barueri (SP) recebem as chapas de aço litografadas em São Paulo e produzem, apenas, latas de óleo de 900 ml. Há, também, uma unidade em Estrela (RS), capaz de produzir latas de tinta e de óleo. O trabalho foi desenvolvido na matriz da empresa

As mais de 20 mil toneladas de latas vendidas anualmente rendem à companhia cerca de US\$ 60 milhões. A empresa detém cerca de 30% do mercado brasileiro de latas de tinta e cerca de 6% do mercado de latas de óleo.

Para cada cliente há um rótulo diferente. Assim, o processo produtivo é basicamente o mesmo, mas há diferenças na fase de impressão das chapas que compõem as latas. A produção da empresa pode ser caracterizada como intermitente sob encomenda.

1.2 - OS PRODUTOS

A empresa fabrica latas de aço de 4 componentes: corpo (onde é impresso o rótulo do cliente), fundo, anel e tampa. A lata de óleo de 900 ml é a única de 3 componentes (corpo e 2 fundos) produzida pela companhia.

A matéria prima para a produção das latas é a chapa de aço, que pode ser de três tipos:

- Folha de flandres (FF) - Revestida com estanho.
- Folha não revestida (FNR) - Sem revestimento.
- Folha cromada (TFS) - Revestida com cromo.

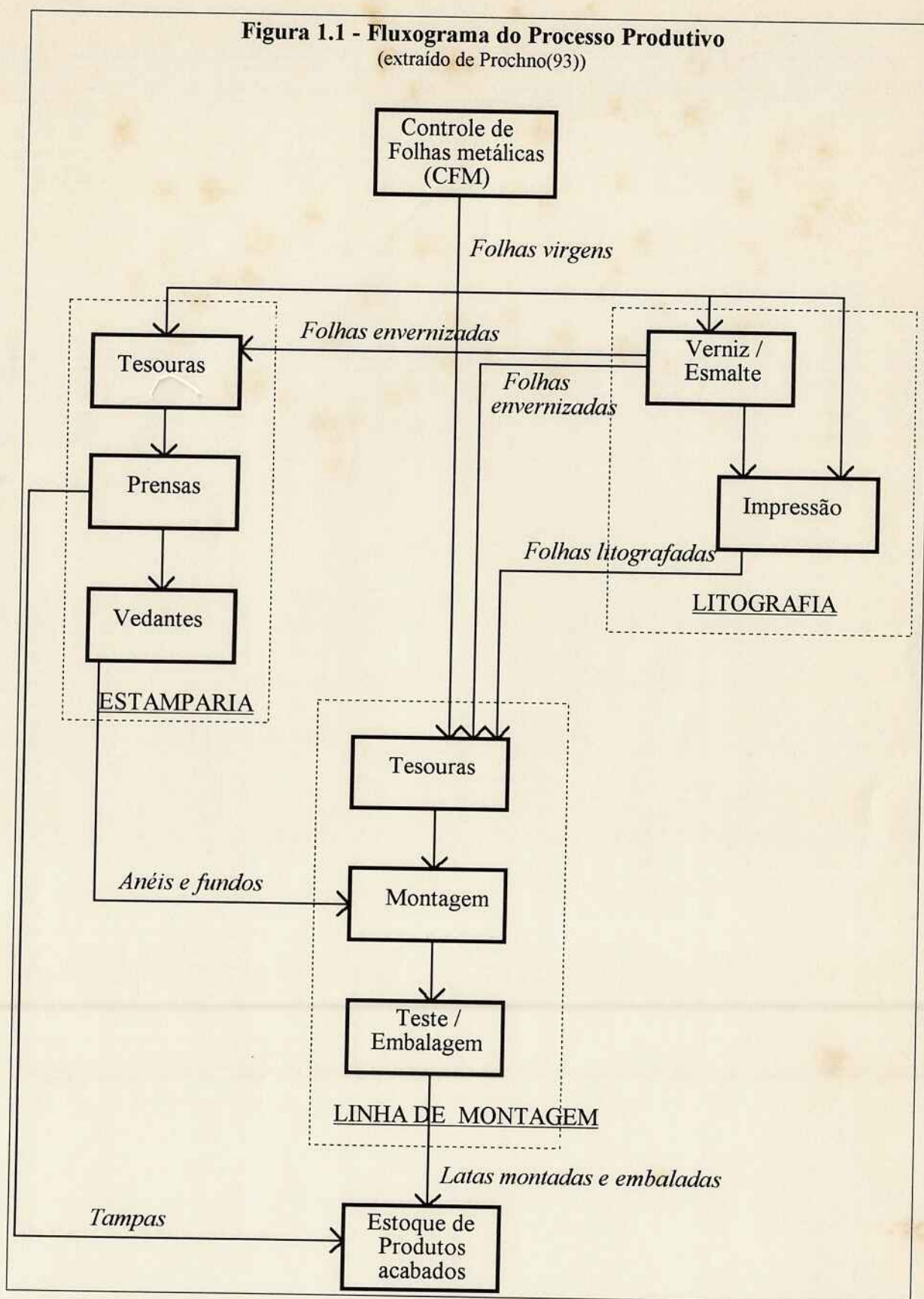
A empresa fabrica os seguintes tipos de lata:

Tabela 1.1 - Linha de latas da empresa				
(elaborado pelo autor)				
Lata	Volume (litros)	Mercado*	Produção (1000 unidades) jan a abr/94	Participação no faturamento jan a abr/94
900	0,9	A	32.415	37 %
50	18	Q e A	1.571	26 %
1	3,6	Q	2.516	19 %
4	0,9	Q	4.011	12 %
9 L	9	A	193	2 %
5 LR	5	Q	204	2 %
32	0,1125	Q	1.011	1 %
16	0,225	Q	577	1 %
5 LQ	5	A	2	-

*Q - Destinado a acondicionar produtos Químicos (tintas, vernizes, ceras, esmaltes)

A - Destinado a acondicionar Alimentos (basicamente óleos)

Figura 1.1 - Fluxograma do Processo Produtivo
(extraído de Prochno(93))



1.3 - O PROCESSO

A processo de fabricação das latas envolve 3 etapas :

Tabela 1.2 - Etapas do processo de fabricação de latas (elaborado pelo autor)	
Estampagem	Produção dos fundos, anéis e tampas das latas.
Litografia	Envernizamento e impressão das folhas metálicas
Montagem	Formação dos corpos e montagem das latas

As folhas metálicas ficam estocadas no setor de Controle de Folhas Metálicas (CFM). De lá, algumas chapas de aço vão para a estampagem, onde serão feitos os componentes (fundos, anéis e tampas), e outras vão para a litografia, onde serão impressos os rótulos. Na linha de montagem, a última etapa do processo produtivo, formam-se os corpos e juntam-se a eles os fundos e anéis.

Estampagem

A primeira parte do processo de estampagem consiste em cortar as folhas metálicas, formando-se tiras na forma e tamanho adequados para o processo. Quando conveniente, são utilizadas tesouras zig-zag na operação, de forma a maximizar a utilização das chapa de aço.

As folhas vão, então, para as prensas, de onde saem os componentes das latas. Há, neste setor, prensas automáticas e prensas alimentadas e operadas manualmente. Depois de serem prensados, alguns componentes passam por uma enroladeira que faz uma dobra para que eles possam ser unidos aos corpos das latas na linha de montagem.

A próxima etapa do processo de estampagem consiste na aplicação do vedante, a fim de garantir o fechamento hermético da recravação (etapa do processo de montagem da lata). Depois da aplicação, há a secagem do vedante numa estufa dedicada a essa tarefa.

Ao sair da estufa, os componentes podem ter dois destinos: os anéis e fundos são acondicionados em caixas metálicas, ficando num estoque intermediário para posteriormente serem utilizados na linha de montagem; as tampas são embaladas em caixas de papelão e encaminhadas à expedição, já que as latas só são fechadas pelos clientes.

O setor de estampagem trabalha com um sistema de produção Kanban. Os cartões para a produção vêm da linha de montagem. O estoque intermediário funciona como um pulmão.

Litografia

No setor de litografia, há três tipos de máquinas:

- envernizadeiras
- impressoras off-set monocores.
- impressoras off-set bicolores.

As folhas passam, em primeiro lugar, pela envernizadeira, onde é aplicada uma camada de esmalte ou verniz na chapa de aço. A maior parte das chapas passa 2 vezes pelas envernizadeiras: uma para o esmaltamento e outra para o envernizamento.

Depois de envernizadas e/ou esmaltadas, as folhas passam pelas impressoras (monocores ou bicolores). A maioria dos rótulos requer mais de 1 passada pelas impressoras, por precisarem de mais de 2 cores.

Tomemos como exemplo a litografia do rótulo da lata de tinta *Suvinil Latex*. Para este serviço, são necessárias as seguintes operações:

Material Aplicado	Máquina adequada
Verniz Epoxy	Envernizadeira
Esmalte Amarelo Suvinil	Envernizadeira
Laranja	Impressora
Vermelho	Impressora
Preto	Impressora

Tabela 1.3 - Material aplicado X Máquina adequada (elaborado pelo autor)

As folhas saem das máquinas e vão direto para a secagem numa estufa litográfica, um túnel termicamente isolado, por onde circula ar aquecido.

Algumas folhas recebem só verniz e não precisam passar pelas impressoras. São as folhas que irão para a estampagem, formar os anéis, tampas e fundos de latas e as folhas que comporão os corpos das chamadas "latas brancas"¹.

¹ "latas brancas" são as latas em cujos corpos não é impresso rótulo algum.

Os rótulos impressos são armazenados no EFL (estoque de folhas litografadas) e de lá vão para a linha de montagem.

Os operadores das máquinas do setor de litografia são funcionários especializados e quase todos trabalham há vários anos na empresa. A função do pessoal é monitorar o processo, alimentar e descarregar a máquina e sanar os frequentes problemas.

Linha de montagem

As linhas de montagem são específicas para cada lata que se deseja montar. Assim, há na fábrica 6 linhas:

Lata	Capacidade Nominal (unidades/turno)
50	15.000
9 L ou 5LQ	6.000
5LR	7.000
1	35.000
16 ou 32	30.000
4	55.000

Tabela 1.4 - Capacidade das linhas de montagem (elaborado pelo autor)

A esse respeito, vale ressaltar 2 pontos importantes:

- Há na fábrica desde linhas totalmente manuais até linhas semi-automatizadas.
- O número de funcionários da linha de montagem é insuficiente para que todas elas funcionem simultaneamente. No turno da manhã (6 às 14 h), podemos ter até 4 linhas trabalhando ao mesmo tempo. À tarde (14 às 22 h), esse número cai para 3. Durante a noite (22 às 6 h), apenas uma linha pode estar em funcionamento.

O processo começa com as folhas sendo cortadas em tiras que formarão os corpos. Em algumas das linhas, um alimentador automático se encarrega da tarefa. Em outras, o operador corta manualmente as chapas de aço.

Essas tiras vão para o "Body Maker" (em uma das máquinas, isto é feito automaticamente; nas demais, manualmente), equipamento que une os dois extremos da tira e dá forma ao corpo da lata, formando um cilindro oco. A seguir, uma máquina solda essa junção.

A próxima etapa consiste na passagem dos corpos pela pestanheira, onde as bordas do cilindro são dobradas. Daí, eles vão para a recravadeira, onde o fundo e o anel da lata se unem ao corpo. Após esta etapa, a lata está pronta.

As latas prontas passam por um teste de verificação de vazamento, através da injeção de ar comprimido na lata. As latas que passam no teste são embaladas manualmente e vão para o estoque de produtos acabados.

Em algumas linhas, o transporte da peça do "Body Maker" até o local de teste se dá via esteira. Nas linhas mais automatizadas, o "Body Maker", as pestanheiras, recravadeiras e as máquinas de testes são ligados por elevadores e transportadores verticais e inclinados.

1.4 - O ESTÁGIO

O estágio teve início em março de 1994, com um rodízio que durou 1 mês. Nesse período, o estagiário teve como objetivo conhecer cada um dos setores da empresa e teve total liberdade para escolher o tema de seu trabalho de formatura.

O presente trabalho foi desenvolvido de abril a outubro de 1994. Durante esse período, o estagiário teve acesso a todas as informações de que precisou e pode utilizar grande parte do seu tempo para desenvolver este projeto.

A elaboração deste trabalho não foi orientada, gerenciada e nem mesmo cobrada por qualquer funcionário ou consultor da empresa. Todo o trabalho, incluindo a definição do tema e a programação do sistema em microcomputador, foi feito pelo estagiário, algumas vezes com a colaboração, formal ou informal, de funcionários da companhia.

CAPÍTULO

2

DEFINIÇÃO DO TRABALHO

2.1 - A ESCOLHA DA ÁREA

Desde que entrou na empresa, no início de março, o estagiário foi informado por alguns engenheiros, consultores, gerentes e trabalhos de formatura anteriores de que o setor de litografia era o que mais precisava de melhorias, pelos seguintes motivos:

- É o gargalo da fábrica. Parte das necessidades de chapas litografadas é adquirida de terceiros. A tabela a seguir nos mostra a número de passadas de litografia¹ executadas na empresa e a quantidade subcontratada. Na coluna da direita, está colocada a razão entre a 2ª e a 1ª coluna, indicando quanto a produção da empresa teria que crescer, naquele mês, para que não houvesse necessidade de subcontratação.

	Produção própria*	Adquirido de terceiros*	Terceirizado/Produzido
JAN/94	4.114	2.516	61 %
FEV/94	4.054	3.072	76 %
MAR/94	4.406	3.975	90 %
ABR/94	2.777	2.182	79 %

*Dados em 1000 passadas.

Tabela 2.1 - Relação entre serviços terceirados e produzidos (elaborado pelo autor)

- Seu processo produtivo é o mais complexo em termos técnicos.
- Apresenta um baixo índice de eficiência, como indica o anexo 1.

O desempenho da empresa sob a ótica dos critérios competitivos

Prochno (1993) conclui que os critérios ganhadores de pedidos² na empresa são Confiabilidade de Prazos, para latas de tintas e Custo, no caso de latas de óleo. Em ambos os mercados, estes são os dois critérios competitivos mais importantes. Qualidade e Velocidade de Atendimento foram considerados critérios qualificadores³. Segundo Prochno, estas conclusões continuam válidas em 1994.

Avaliando o desempenho de cada um dos setores da fábrica, chegou-se às seguintes conclusões:

¹ Passada de litografia é a unidade em que é mensurada a produção do setor. Corresponde à passagem de uma chapa de aço (que mede cerca de 1m²) por uma impressora ou envernizadeira.

² Critérios ganhadores de pedidos são aqueles nos quais o cliente se baseia para escolher o seu fornecedor.

³ Critérios qualificadores são aqueles nos quais a empresa precisa atingir um nível mínimo de desempenho, mas um desempenho muito superior a este mínimo não traz à empresa grande vantagem competitiva.

Confiabilidade de Prazos

Prochno identifica a litografia como o setor que apresenta as maiores variações no prazo de atendimento de uma solicitação e, portanto, o menor grau de confiabilidade de prazos. De fato, além de apresentar as maiores variâncias na sua produção, não é realizada uma programação que forneça informações confiáveis de volume produzido e tempos.

A confiabilidade de prazos é o critério de desempenho mais importante para os fabricantes de tinta, os principais clientes da empresa (Prochno, 1993).

Velocidade de Atendimento

Estudando o ciclo de fabricação de uma lata, Prochno (1993) conclui que o setor de Litografia é o que apresenta o maior tempo de resposta a solicitações. Sendo o gargalo da fábrica, demora, em média, 5 dias para atender a um pedido. A linha de montagem leva, em média, 1 dia para montar uma lata e o setor de Estampagem, utilizando-se de um sistema Kanban de administração da produção, raramente se torna o fator limitante à montagem, por ser capaz de responder rapidamente às solicitações da linha de montagem.

Custos

O fator de maior impacto nos custos de uma lata é a matéria prima (chapa de aço), responsável por mais de 60% do custo do produto. Portanto, os refugos são muito caros e serão analisados a seguir. Vale ressaltar que a Litografia é um setor que apresenta uma baixa eficiência, como mostra a comparação entre sua produção e sua capacidade nominal.

Qualidade

O Departamento de Qualidade trabalha com uma meta de 0,5 % de refugos para a litografia, inferior aos resultados obtidos nos últimos meses :

	Refugos (%)
JAN	0,94 %
FEV	0,68 %
MAR	0,52 %
ABR	0,97 %
MAI	0,73 %
JUN	0,49 %
JUL	0,54 %
AGO	0,77 %

Tabela 2.2 - Índice de refugos do setor de litografia (elaborado pelo autor)

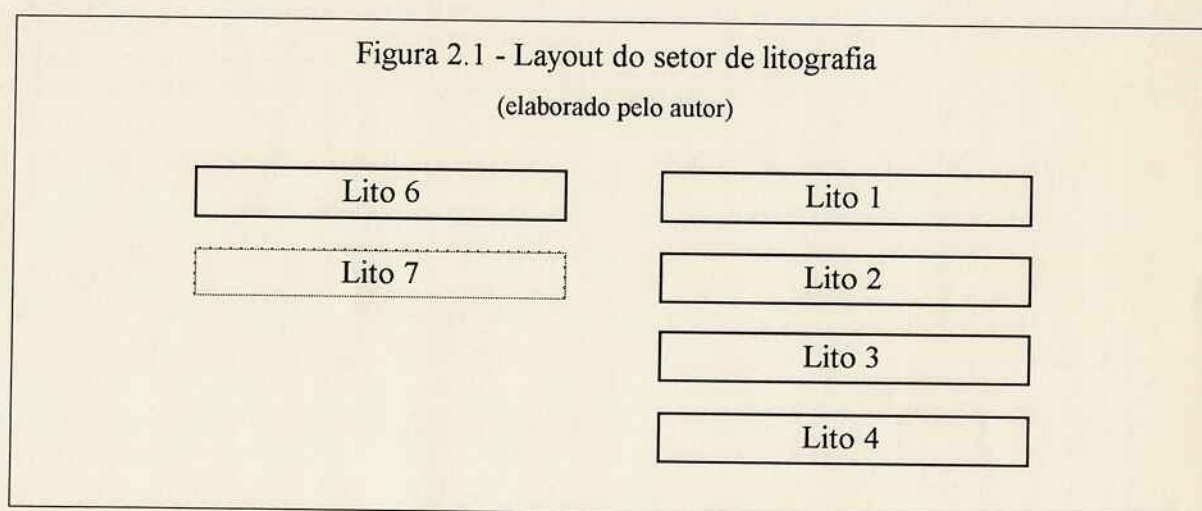
Além disso, mais de 50 % dos chapas rejeitadas por problemas de qualidade de litografia só são refugadas em uma fase posterior do processo, na linha de montagem. Portanto, é preciso melhorar o controle de qualidade de folhas litografadas a fim de não se processar material defeituoso.

Por se mostrar como o setor da fábrica com maiores problemas, a Litografia foi a área escolhida para se desenvolver o presente Trabalho de Formatura.

Equipamentos do Setor de Litografia

A Litografia é um setor com 5 máquinas: 2 envernizadeiras, 1 impressora bicolor e 2 monocores. Ainda no primeiro semestre deste ano, duas máquinas devem ser modificadas: uma envernizadeira passará a funcionar como impressora monocolor e uma monocolor trabalhará como bicolor. No segundo semestre, será instalada na fábrica uma nova envernizadeira. Assim, o setor terá 6 máquinas: 2 envernizadeiras, 2 impressoras monocores e 2 bicolores.

O layout do setor está esquematizado a seguir:



Sendo :

Lito 1 - Impressora Monocolor

Lito 2 - Impressora Bicolor

Lito 3 - Impressora Monocolor

Lito 4 - Impressora Bicolor

Lito 6 - Envernizadeira

Lito 7 - Envernizadeira (em instalação)

2.2 - PROBLEMAS NA LITOGRAFIA

Os principais problemas da litografia podem ser colocados da seguinte forma:

Paradas	Paradas não-programadas
	<i>Setup</i> ⁴
Produção Sem Qualidade	
Falta de Confiabilidade no Programa de Produção	

Tabela 2.3 - Problemas da Litografia (elaborado pelo autor)

Paradas

As máquinas ficam muito tempo paradas por problemas e para *setup*. A comparação entre a capacidade nominal da litografia e sua produção nos mostra que o setor produz cerca de 40 % de sua capacidade nominal. Visto que a litografia é o gargalo da fábrica, essa ineficiência implica em subcontratação de serviço de terceiros e, portanto, em um acréscimo no custo e uma redução na velocidade de atendimento a solicitações e na confiabilidade de prazos.

Levantamento anterior feito por Seto (1992) na Lito 2 estimou em 23% as paradas de máquina não-programadas e em 25% as pausas para *setup* (resultando em 52% de eficiência). Atualmente, a empresa não dispõe de dados confiáveis que nos permitam desdobrar o tempo perdido com equipamentos parados, conforme as causas das paradas.

A redução do tempo de equipamento parado acarretaria em:

- Uma redução do custo unitário de litografia, decorrente do aumento da produção sem um aumento proporcional nos custos.
- Uma melhoria na velocidade de atendimento de solicitações, decorrente da transformação de tempos parados em produtivos.
- Um aumento na capacidade do setor e, conseqüentemente, uma redução das necessidades de subcontratação.
- Melhorias na confiabilidade de prazos, decorrentes da redução da variabilidade dos tempos de produção, causada por turbulências e atrasos num setor gargalo.

⁴ O termo *setup* (ou preparação de equipamento) designa o conjunto de operações, alterações e ajustes feitos na máquina entre 2 serviços de litografia que trabalham com matérias-primas ou insumos diferentes.

Paradas não-programadas

A maior parte das máquinas é muito antiga e não há um programa de manutenção preventiva para o setor, o que causa frequentes quebras e defeitos nos equipamentos.

A fábrica não dispõe de informações referentes a paradas de impressoras ou envernizadeiras que indiquem tempo, custo e motivo das mesmas. Os apontamentos não permitem que se obtenham informações importantes, como o custo de manutenção da máquina, porque pouca coisa é anotada. Como veremos, as soluções para os vários problemas da empresa esbarram nessa deficiência da empresa: a inexistência de um tratamento e acompanhamento de informações fundamentais para a tomada de decisões.

Para combater essa falha, o Departamento de Manutenção criou um documento chamado "Ordem de Manutenção", ainda pouco usado e pouco analisado. Além disso, os relatórios de produção estão sendo, gradativamente, reformulados, com a participação dos operadores da litografia. A fábrica precisa coletar, sistematicamente, mais dados, muito embora isso não seja suficiente. É necessário transformar esses dados em informações úteis à tomada de decisões e é preciso que a fábrica se conscientize da importância de se medir o que se quer gerenciar.

Um programa de manutenção preventiva está começando a ser implementado na fábrica e, brevemente, será estendido para a Litografia. Além disso, há na empresa um incipiente programa de 5 S's⁵. Se bem sucedidos, poderão resultar na diminuição do tempo de máquina parada.

Alguns equipamentos são muito antigos. A Lito 3, a pior máquina do setor, tem 60 anos de idade, já passou por diversas reformas e, de acordo com a maioria dos gerentes e engenheiros que trabalham na litografia, comprar uma outra impressora seria mais vantajoso que mantê-la. Para que se faça uma análise de viabilidade precisa das alternativas, é necessário levantar dados, como o custo de manutenção da máquina e analisar os benefícios decorrentes da compra de uma nova impressora. Por falta dessa análise, as discussões a respeito da substituição da Lito 3 não prosperam.

Há 2 anos, houve uma tentativa de se implantar um CEDAC (Diagrama de Causa e Efeito com Adição de Cartões) na litografia, com o intuito de envolver os operários na

⁵ Os 5 S's são as iniciais de 5 palavras japonesas : seiri (eliminar o desnecessário), seiton (colocar em ordem), seiso (limpeza), seiketsu (asseio) e shitsuke (disciplina). Um programa de 5 S's visa levar essas práticas a todos os níveis da empresa e, especialmente, ao chão de fábrica.

redução dos tempos de preparação de equipamentos. Isso não foi conseguido, de modo que, após alguns meses, o CEDAC foi retirado.

Tempo perdido com *setup*

O alto tempo gasto com *setup* de máquina pode ser explicado de duas formas:

1. Alto tempo médio de *setup*

Para cada cor de cada rótulo, há um chapa que é colocada na máquina e funciona como uma matriz. Em uma impressora, a preparação de máquina é necessária sempre que se troca a chapa, independentemente de haver mudança de cor ou do tamanho da folha metálica. Em uma envernizadeira, há a necessidade de *setup* quando passa a ser utilizado outro verniz ou esmalte ou quando muda-se o tamanho da folha metálica a ser litografada.

O tempo de *setup* das máquinas pode depender dos seguintes fatores:

Máquinas

O tempo de *setup* das impressoras é maior do que o das envernizadeiras, pelo número de atividades envolvidas na preparação. Além disso, de maneira geral, quanto mais velha a máquina, maior é a dificuldade e o tempo gasto com preparação.

Combinação de Cores ou vernizes

Há grandes diferenças entre o tempo de *setup* de uma impressora se a cor da nova operação é igual, parecida ou diferente da cor da antiga operação. Além disso, o tempo de preparação depende da dificuldade de lavar a máquina, ou seja, do tipo de tinta ou verniz da operação anterior. Por exemplo, preparar uma envernizadeira após trabalhar com verniz epóxi é mais demorado que prepará-la após a utilização de verniz sanitário.

Dificuldade dos ajustes

Boa parte do tempo de preparação das impressoras é gasta com ajustes, para que a etapa atual de impressão do rótulo se combine com a anterior.

Tamanho das folhas metálicas

Se o tamanho da folha a ser litografada é diferente do anterior, é necessário ajustar a máquina. Consequentemente, pode haver um aumento no tempo de preparação.

A empresa não dispõe de dados a respeito desses tempos. Essa deficiência será analisada no próximo tópico.

Uma das soluções para diminuir o tempo gasto em *setup* é realizar um estudo de tempos e métodos do processo atual e propor modificações, utilizando ferramentas como o SMED⁶.

Em 1992, foi elaborado um Trabalho de Formatura (Seto,92) com o fim de minimizar o tempo de preparação das impressoras, mas a maior parte das alterações propostas não chegou a ser implantada⁷. Algumas providências sugeridas naquele trabalho, como a compra de um espectrofotômetro, estão sendo estudadas este ano.

Uma outra solução para esse problema consiste na obtenção de uma sequência de produção que minimize o tempo de *setup*, como veremos a seguir.

2. Ineficiência da programação da produção da litografia

A produção da litografia não é programada pelo departamento de PPCP. Este apenas envia as informações referentes às necessidades de litografia ao programador da produção do setor, um funcionário encarregado de fazer a programação, sem qualquer auxílio de computador.

Posto que o tempo de preparação de um equipamento varia entre 0 e 2,5 horas em média, dependendo dos fatores listados no item anterior, seria possível reduzi-lo sequenciando a produção do setor de modo a minimizar o tempo dispendido com *setups*. Isso poderia ser feito programando-se passadas de litografia que utilizem as mesmas cores de tinta, tamanhos de chapas metálicas ou vernizes, em sequência.

O programador, porém, não faz nada além de sequenciar os pedidos pela ordem de entrega, devido ao grande número de variáveis envolvidas no problema de sequenciação das operações das máquinas. Para que se obtenha uma sequência de produção mais eficiente, faz-se necessário um sistema de programação de produção, capaz de trabalhar com alta quantidade de informações.

⁶ Single Minute Exchange of a Die (SMED) é uma técnica desenvolvida por Shigueo Shingo que visa a redução dos tempos de *setup* de equipamentos.

⁷ A empresa dá ao estagiário liberdade com relação à escolha do tema e à elaboração do trabalho de formatura. A esta liberdade, contrapõe-se a falta de comprometimento da companhia com a implementação do resultado do trabalho.

Um sistema de programação da produção reduziria o número de *setups* e o tempo médio de *setup*, minimizando o tempo total de preparação de máquinas, com resultados que repercutiriam em toda a fábrica por estarmos tratando do setor gargalo da empresa.

Falta de Informações

A falta de preocupação da empresa com informações quantificadas é um dos maiores obstáculos à resolução dos problemas fundamentais da fábrica. Essa falha traz sérias dificuldades ao trabalho de minimizar o tempo perdido com a preparação de equipamentos.

Os dados utilizados para se fazer a programação da produção da litografia são irreais: considera-se que o tempo de *setup* de uma envernizadeira é de 40 min e que a preparação de uma impressora leva 1 hora, independentemente de todos os fatores listados acima.

Geralmente, quando as cores utilizadas em 2 operações consecutivas são diferentes, o *setup* de uma impressora leva cerca de 2 horas. Se os ajustes forem muito complicados, este tempo pode ultrapassar 3 horas. Numa envernizadeira, o tempo de *setup* costuma ser de cerca de 50 minutos (dados levantados amostralmente pelo autor).

É, portanto, necessário levantar sistematicamente dados relativos aos tempos de preparação das máquinas e possibilitar o contínuo acompanhamento dessas informações. Dessa forma, será possível:

- Elaborar um sistema de sequenciar a produção mais adequado à realidade da litografia.
- Conhecer a dimensão dos problemas.
- Identificar as principais fontes dos problemas.
- Medir futuras melhorias nos tempos de *setup*.

Produção sem Qualidade

Além dos refugos considerados anteriormente, há, na litografia, outros problemas de qualidade, tais como retrabalho e variabilidade nas cores. Vale ressaltar que os ajustes, executados para que as chapas sejam impressas conforme o padrão, são responsáveis por grande parte do tempo de *setup*.

A empresa está trabalhando para obter o certificado de conformidade com a norma ISO 9002 até o fim do ano. Para tal, é necessário padronizar-se todos os processos da

empresa que influem na qualidade dos produtos. Isso faz com que a fábrica reveja os seus procedimentos, auxiliando-a a identificar falhas e oportunidades de melhorias⁸.

O Departamento de Qualidade está começando a implantar o Controle Estatístico de Processo (CEP) na fábrica, impulsionado pela norma ISO 9000. Em pouco tempo, o CEP deverá chegar à litografia. Como as características a serem controladas são de difícil mensuração, será controlado um atributo (chapa conforme ou não) e não as variáveis (tonalidade das cores, ajustes e defeitos).

Neste caso, produzir com qualidade custa por 2 motivos:

- Requer investimentos em equipamentos melhores e instrumentos de controle. A compra de um espectrofotômetro, citada anteriormente, é um sinal de que a empresa está se preocupando em investir em produzir com qualidade.

- Parar a máquina que está imprimindo ou envernizando fora dos padrões significa deixar de produzir e de ganhar. Os trabalhadores não se sentem estimulados a fazer isso, já que recebem um abono se a produtividade ultrapassar o objetivo.

Melhorias na qualidade acarretariam, também, em:

- Reduções do custo do setor de litografia, decorrente da redução de chapas refugadas e do tempo perdido com retrabalho.

- Melhorias na velocidade de atendimento, provenientes da redução do retrabalho e, conseqüentemente, do aumento do número de horas produtivas.

- Melhorias com relação à confiabilidade de prazos, pois retrabalhos implicam em turbulências e atrasos.

Falta de confiabilidade no programa de produção

A litografia é o setor da fábrica que apresenta o maior tempo de atendimento a solicitações (5 dias em média) e o menor grau de confiabilidade de prazos, sendo o ponto crítico desses dois critérios de desempenho.

A programação da produção da litografia, do modo como é feita atualmente, não fornece à fábrica qualquer informação a respeito de prazos. Portanto, o PPCP não tem como saber quando poderá contar com as folhas litografadas para montar uma determinada lata.

⁸ Prochno (1993) coloca que a certificação de conformidade com as normas ISO 9000 pode não ser prioritária para a empresa.

Um sistema de programação da produção, baseado em dados mais precisos, permitiria que o PPCP obtivesse previsões confiáveis das datas de entrega dos produtos para os clientes.

Não basta, porém, que essas informações existam para que a empresa possa oferecer ao cliente confiabilidade de prazos. É necessário que elas estejam disponíveis para o Departamento de Vendas, que é quem está em contacto com o cliente. Para isso, é preciso haver uma ligação entre o setor de litografia, o PPCP e Vendas.

Com esse sistema implantado, o Departamento de PPCP poderia voltar a programar e controlar a produção da litografia. A partir daí, seria possível integrar a administração da produção de todos os setores da empresa.

Quanto à maior comunicação entre PPCP e Vendas, vale dizer que uma empresa de consultoria está desenvolvendo um sistema que interligará esses 2 departamentos e o setor de expedição, formando uma rede, facilitando a circulação de informações. A implantação do sistema está prevista para 1995, depois da data marcada para a certificação de conformidade com as normas ISO 9002.

2.3 - A DEFINIÇÃO DO TEMA

Pelas análises feitas na Litografia da empresa, podemos citar 5 áreas de atuação prioritárias:

- Paradas não-programadas
- Problemas de qualidade
- Tempo médio de *setup*
- Sistema de PPCP
- Falta de informações.

A elaboração de um Sistema de indicadores de desempenho, ou seja, o levantamento, tratamento e acompanhamento de informações, é o tema de um Trabalho de Formatura desenvolvido, este ano, por um outro estagiário da empresa.

A solução, parcial ou total, de todos os outros problemas levantados influiria no custo, um critério de desempenho ganhador de pedidos, no caso de latas de óleo. No caso da qualidade, a melhoria estaria relacionada ao alto custo de uma chapa refugada e, nos outros 3 casos, ao alto tempo de parada de equipamentos.

A matriz a seguir nos dá uma idéia a respeito da relação entre os problemas do setor e o impacto destes no desempenho da empresa em cada um dos critérios competitivos:

	Confiabilidade de prazo	Custo	Velocidade de entrega	Qualidade
Paradas não-programadas	X	XX	XX	
Paradas para <i>setup</i>	X	XX	XX	
Produção sem qualidade	X	XX	X	XX
Ineficiência da programação	XX	XX	X	

Tabela 2.4 - Problemas da Litografia X Critérios Competitivos (elaborado pelo autor)

Sendo:

XX - Alto impacto

X - Médio impacto

Elaborar um sistema de PPCP para a litografia impactaria mais na confiabilidade de prazos, um critério ganhador de pedidos no caso das latas de tintas, do que a atuação sobre qualquer um dos outros problemas. Contudo, seria provavelmente mais eficaz efetuar,

primeiramente, um trabalho de redução do *setup* e, a seguir, elaborar o sistema de programação descrito acima.

Todavia, considerando-se a necessidade de priorização de esforços, a elaboração de um sistema de PPCP da litografia tem várias vantagens sobre a redução do tempo médio de preparação das máquinas:

- Há um Trabalho de Formatura feito em 92 com o objetivo de reduzir o tempo gasto com *setup* e paradas não-programadas, ainda não implantado.

- Há, por parte do estagiário, maior interesse acadêmico em trabalhar sobre um sistema de programação e administração da produção do que em realizar um estudo do tempo de preparação de equipamentos.

Assim, o tema escolhido para este trabalho de formatura consiste na elaboração de um sistema de PPCP para a litografia.

CAPÍTULO

3

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

"Modelos que consideram tempos de setup são fortemente ignorados pela literatura especializada"
(Monma and Potts, 1993)

O sistema tratado neste trabalho foi elaborado pelo autor e se baseia em um algoritmo desenvolvido, também, pelo autor. Aqui, estão expostos alguns conceitos utilizados ou estudados para a elaboração do algoritmo.

3.1 - PROGRAMAÇÃO LINEAR E O ALGORITMO SIMPLEX

Fonte: Introdução a Pesquisa Operacional - Hillier, F. S. / Lieberman, G. J. - Editora Campus, 1988.

A programação linear é um instrumento que utiliza um modelo matemático a fim de se resolver um problema descrito da seguinte forma: deve-se maximizar ou minimizar uma função objetivo linear, sujeita a restrições lineares. Para tal, devem ser determinados os valores das variáveis de decisão do modelo.

O método Simplex, utilizado para se resolver problemas de programação linear, é um algoritmo eficiente e responsável pela vasta aplicação de modelos de programação linear pelas empresas.

Contudo, o método Simplex não é capaz de resolver problemas que envolvam funções objetivos e/ou restrições não-lineares¹. Vale lembrar, também, que a utilização de variáveis de decisão inteiras requer um esforço computacional maior. Estes foram alguns dos fatores que impediram a utilização do algoritmo Simplex no sistema desenvolvido.

¹ Com pequenas modificações, o algoritmo Simplex é capaz de resolver problemas que envolvam uma função objetivo quadrática e restrições lineares.

3.2 - O PROBLEMA DO CAIXEIRO VIAJANTE

Fonte: *Introducing to Sequencing and Scheduling* - Kenneth R. Baker - John Wiley & Sons, 1974

Os tempos de *setup* da litografia dependem da operação que acabou de ser realizada e da que será processada a seguir. Esta situação, comumente encontrado na prática, é descrita pelo problema do caixeiro viajante (the "*traveling salesman problem*").

O caixeiro viajante deve passar por n cidades para visitar seus clientes. Dadas as distâncias entre cada par de cidades, a tarefa do caixeiro viajante é minimizar o seu trajeto, passando uma vez em cada uma das cidades.

Na litografia, temos várias ordens de produção. Dados os tempos de *setup* entre cada par de operações (distâncias), a tarefa da programação é minimizar o tempo gasto para processá-las (trajeto).

O problema do caixeiro viajante pode ser resolvido por métodos otimizantes, dentre os quais a programação dinâmica, *Branch and Bound* e a programação inteira e por métodos heurísticos. Não é possível resolvê-lo utilizando-se o método Simplex porque o problema do caixeiro viajante não pode ser descrito, matematicamente, por equações lineares.

Entretanto, o problema do caixeiro viajante não pode ser aplicado ao nosso problema pelos seguintes motivos:

- O problema do caixeiro viajante não considera que cada uma das operações tenha um prazo. O caixeiro deve passar por todas as cidades, minimizando o seu trajeto, mas não importa qual será a ordem das cidades que ele visitará.

- No problema real, um serviço de litografia é composto por várias operações, processadas em diferentes equipamentos. Estas operações devem obedecer uma sequência. O problema do caixeiro viajante não aborda relações de dependência entre máquinas (ou seja, entre diferentes caixeiros viajantes).

3.3 - TIME WINDOWS (JANELAS DE TEMPO)

O algoritmo desenvolvido neste trabalho utiliza o conceito de *Time Windows* (ou janelas de tempo), que aparece, por exemplo, nos *Dial-A-Ride Problems* (DARP). (Jaw, J. J. et alli, A Heuristic Algorithm for the Multi-Vehicle Advance Request Dial-a-Ride Problem with Time Windows).

Aplicando o conceito para o nosso problema, temos, para cada operação, um tempo mínimo para que esta se inicie (EPT) e um tempo máximo (LPT), de forma que o tempo programado para o início da operação (APT) deve estar inserido nesta “janela de tempo” (entre o LPT e o EPT).

EPT	<i>Earliest pick-up time</i>	Tempo mínimo para se iniciar a operação
LPT	<i>Latest pick-up time</i>	Tempo máximo para se iniciar a operação
APT	<i>Actual pick-up time</i>	Tempo programado para o início da operação

Tabela 3.1 - Termos relacionados a *Time Windows* (elaborado pelo autor)

O EPT de uma operação depende das operações anteriores daquele serviço. Seu LPT depende do prazo de entrega e das operações posteriores daquele serviço.

3.4 - FOLGAS DINÂMICAS

O conceito de folga dinâmica, ou simplesmente folga, também foi utilizado no algoritmo desenvolvido. A folga é basicamente a diferença entre o tempo que falta até a entrega de uma operação e o tempo restante de processamento desta.

No sistema desenvolvido, a folga dinâmica de uma operação foi calculada como sendo a diferença entre o tempo máximo para se iniciá-la (LPT) e o tempo em que ela se iniciará se a produção for programada seguindo a ordem cronológica de seus LPTs (CPT), ou seja:

$$\text{Folga}_{\text{OPx}} = \text{LPT}_{\text{OPx}} - \text{CPT}_{\text{OPx}}$$

Desse modo, a folga de uma operação equivale ao tempo em que ela pode ser postergada sem se atrasar.

3.5 - ALGORITMOS HEURÍSTICOS

Algoritmos heurísticos são algoritmos lógicos não otimizantes. Isso significa que um algoritmo heurístico nos conduz a uma solução que pode não ser ótima.

Um algoritmo heurístico é utilizado quando não é possível ou não é adequado resolver o problema utilizando-se um algoritmo otimizante.

CAPÍTULO

4

ANÁLISE DO PROBLEMA

4.1 - O PROBLEMA DE PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO

Definido o tema deste trabalho, o autor foi acompanhar a produção do setor a fim de conhecer melhor o processo produtivo e as relações entre este e a programação. Foi feito um levantamento da situação inicial e, a partir daí, foram levantadas e estudadas diversas alternativas.

Uma das alternativas estudadas foi um algoritmo otimizante. Ele foi elaborado, muito embora se duvidasse de sua viabilidade, a fim de se conhecer o problema estruturadamente. Após constatar-se sua inviabilidade¹, foi elaborado um sistema de programação baseado em um algoritmo heurístico.

Termos utilizados no presente trabalho

Serviço de litografia - Consiste na litografia completa do rótulo de um cliente em uma folha virgem ou no envernizamento e/ou esmaltamento de uma chapa de aço. Um serviço de litografia compõe-se de várias operações de litografia.

Operação de litografia - É uma etapa de um serviço de litografia. (pode ser o envernizamento, esmaltamento ou impressão de uma ou duas cores de tinta em uma chapa de aço).

Passada litográfica - É a unidade em que é mensurada a produção do setor e consiste na impressão, envernizamento ou impressão de uma chapa de aço.

OBS: Alguns dos conceitos definidos acima são conhecidos, na fábrica, por nomes diferentes.

O planejamento da produção da litografia

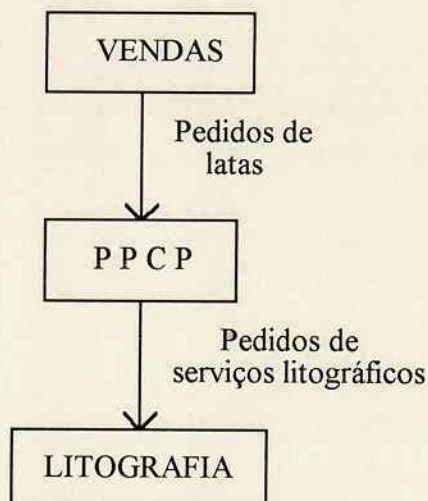
O departamento de PCP é o responsável por planejar a produção da litografia. Para tal, o PCP verifica suas necessidades de chapas para processar as latas pedidas e subtrai o estoque de folhas litografadas. A produção do setor, assim como a da empresa, é executada sob encomenda. Em épocas de baixa demanda, são pedidos serviços de litografia para bancos litográficos². Há mais de 1.000 rótulos de latas diferentes cadastrados.

¹ O algoritmo otimizante e sua inviabilidade serão tratados posteriormente.

² Bancos litográficos são estoques de folhas metálicas com os rótulos mais pedidos litografados.

Sendo produzidos sob encomenda, o tamanho dos lotes varia entre 3.000 e 50.000 folhas. Vale lembrar que o tempo de impressão, esmaltamento ou envernizamento de 3.000 folhas metálicas é, em quase todas as máquinas, inferior a uma hora, ou seja, é normalmente inferior ao tempo de *setup* que antecede a litografia dessas chapas.

Figura 4.1 - Fluxo de informações de vendas à litografia
(elaborado pelo autor)



Após o planejamento, são passados ao programador do setor os serviços litográficos necessários, com as seguintes informações:

Serviço	Exemplo
Rótulo	Suvinil Latex
Lata	50
Quantidade	15.000
Prazo	22/09

Tabela 4.1 - Serviço de Litografia (elaborado pelo autor)

A programação da produção da litografia

Cabe ao programador da litografia a sequenciação da produção de cada uma das envernizadeiras e impressoras. Diariamente, o programador da litografia recebe os pedidos de serviços litográficos do PCP e emite a programação de cada um das máquinas.

As maiores dificuldades para programar a produção da litografia são as seguintes:

- *Há muitas variáveis a serem tratadas :*

. Cada serviço litográfico tem um prazo, que precisa ser atendido por uma sequência de operações, realizadas em máquinas diferentes.

. Os tempos de *setup* dependem do par de operações envolvidas (ou seja, das operações anterior e posterior ao *setup*).

. O tempo de processamento de uma operação varia conforme a quantidade de folhas pedidas e com o equipamento ao qual a operação foi atribuída

- *Há 2 objetivos conflitantes: obedecer o prazo de cada um dos serviços litográficos e minimizar o tempo total de preparação de máquinas.*

- *Os dados nos quais se baseia a programação são, muitas vezes, imprecisos e incondizentes com a realidade.* Foi constatado, por exemplo, que:

. Os tempos de *setup* utilizados são menores que os reais.

. As velocidades de máquina utilizadas não consideram paradas não programadas.

A produtividade do setor é mensurada dividindo-se a quantidade de folhas litografadas pela quantidade programada. Este valor costuma oscilar entre 60 e 70%. Por coincidência, os trabalhadores da empresa recebem abono de produtividade quando esta ultrapassa o valor de 70%.

Há na fábrica, um projeto para a instalação de sensores nos equipamentos. Isto facilitaria, entre outras coisas, a obtenção de informações utilizadas para se programar a produção do setor.

- *O processo produtivo é muito irregular*, ou seja, os desvios padrões do tempo de *setup* e da produção real das máquinas são altos se comparados às médias desses valores.

4.2 - OBJETIVOS DO SISTEMA

O objetivo da programação da produção da litografia é aumentar o tempo produtivo dos equipamentos, minimizando o tempo total gasto com preparação de máquinas, respeitando-se os prazos de entrega e as limitações do processo produtivo. Isso vem de encontro aos dois critérios competitivos mais importantes para a empresa: confiabilidade de prazo e custos.

Os métodos e as regras para se sequenciar a produção dependem dos objetivos estratégicos do setor. Para se minimizar atrasos, a sequência de produção deve se basear no prazo de entrega de cada serviço. Para se minimizar o tempo gasto com *setup*, a programação deve se basear nas características das operações de litografia envolvidas (cores e tamanho das folhas metálicas). Por visarmos um compromisso entre os 2 critérios, devemos levar em conta todos esses fatores.

Por fim, o sistema deve ser capaz de fornecer mais e melhores informações ao programador da produção da litografia do que ele tem acesso, atualmente. Frequentemente, chegam ao programador ordens para que se execute certo serviço com urgência. O sistema deve poder informar, aos usuários, o impacto, nos pedidos dos outros clientes, da inclusão ou da antecipação desse serviço de litografia.

É política da empresa não desenvolver sistemas internamente, mas comprá-los de terceiros. Neste contexto, esse trabalho será um protótipo. Se testado e aprovado, será, possivelmente, incorporado a algum sistema elaborado por uma empresa de consultoria.

4.3 - PARTICIPAÇÃO DO USUÁRIO NO DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

Clientes diretos do sistema (usuários do mesmo): programador da litografia e um dos supervisores da litografia³.

Cliente indireto do sistema: setor de litografia como um todo.

O projeto contou com a participação dos usuários do mesmo: o autor comunicou seu interesse em desenvolver um sistema de programação da produção da litografia ao supervisor responsável. O programador da produção do setor foi envolvido no projeto e, em reuniões e conversas informais, ambos passaram ao autor suas impressões, necessidades e objetivos a respeito da informatização da sequenciação da litografia.

O programador da litografia comentou que, certa vez, foi apresentado a ele um sistema de sequenciação da produção do setor. Este sistema, porém, não levava em conta os prazos de cada serviço, apenas procurava reduzir o tempo total de preparação de máquinas, de modo que, segundo ele, não se adequava ao problema real e acrescentou: "mas nem chegaram a me pedir *palpite* para fazer esse sistema".

Os usuários do sistema, um consultor e o futuro gerente do setor⁴, foram unânimes em afirmar que o principal objetivo da programação era evitar atrasos. Este foi, portanto, o primeiro objetivo do sistema, como será visto posteriormente.

Assistindo às preparações de impressoras e envernizadeiras, o autor observou que certas regras poderiam ser aplicadas a fim de minimizar os tempos de *setup*. Isto foi colocado aos clientes diretos do sistema e, em conjunto, os três estabeleceram as regras de sequenciação utilizadas pelo sistema.

Depois de pronto, o sistema foi testado diversas vezes com o supervisor envolvido e várias mudanças foram, então, efetuadas, principalmente no que diz respeito à forma de apresentação das informações.

O processo de implantação começou junto com o processo de desenvolvimento. Assim sendo, enquanto o autor colhia dados e opiniões junto aos usuários, ele estudava alternativas para o sistema visando a satisfação das suas necessidades e colocava suas idéias aos seus clientes, para que não houvesse, posteriormente, surpresas, inadequações do sistema ou obstáculos gerados pela insegurança dos usuários.

³ Há, no setor de litografia, várias pessoas que trabalham como supervisores. Um deles é o responsável pela programação, sendo, portanto, cliente direto do sistema.

⁴ No final do mês de agosto, soube-se que, com a implantação da reengenharia, o Gerente de Custos e Suprimentos tornaria-se Gerente da Litografia.

4.4 - PARTICULARIDADES DO PROBLEMA

O tempo de setup de um equipamento da litografia depende, basicamente, da operação que acabou de ser processada e da operação que será processada a seguir.

Implicação:

. Isto nos faria chegar ao conhecido problema do caixeiro viajante (como já foi colocado na Revisão Bibliográfica). Esta solução não pode ser adotada porque o problema de sequenciação da produção da litografia apresenta algumas peculiaridades:

Prazos individuais - Cada rótulo tem um prazo de entrega.

Implicação:

. O problema do caixeiro viajante não considera prazos, apenas minimiza o trajeto.

Há, para cada serviço, uma *sequência de operações e mais de uma máquina no sistema* - O serviço completo de litografia de uma chapa de aço consiste em várias operações que devem seguir uma sequência, realizadas em mais de uma máquina.

Implicações:

. Prazos devem estar amarrados. Portanto, cada operação tem um prazo de entrega que depende da operação posterior e não pode ser processada antes da operação anterior.

. O programa de produção de uma máquina depende da sequência de todas as outras.

Sequências alternativas - uma operação qualquer pode ser realizada em até 4 máquinas.

Implicação:

. Maior número de alternativas e, portanto, maior dificuldade na programação.

4.5. O PROCESSO DE ELABORAÇÃO DO SISTEMA

A elaboração do sistema passou pelas seguintes etapas:

1. Estudo de alternativas

O processo de elaboração do sistema começou com a formulação do problema em linguagem matemática e, conseqüentemente, com o desenvolvimento de um algoritmo otimizador. Este era inviável, por ser muito complexo, trabalhar com variáveis binárias e não ser linear. A partir daí, foram estudadas e discutidas diferentes soluções e foi desenvolvido um sistema heurístico de programação da produção da litografia.

2. Elaboração do algoritmo

Nesta etapa, foram esboçados os fluxogramas básicos e os bancos de dados do sistema. Durou mais de 1 mês. Poucas mudanças na lógica do sistema foram efetuadas a partir daqui.

3. Programação do sistema em linguagem Dbase

Definido o algoritmo, o autor passou à programação do sistema, em linguagem Dbase, utilizando microcomputadores 386 ou 486, dependendo da disponibilidade de equipamentos da empresa. Foram, então, efetuados testes no sistema até que este estivesse executando o que tinha sido planejado, sem erros de lógica.

4. Testes com o usuário

O sistema foi, então, testado por várias vezes com seu principal usuário (um dos supervisores da litografia) e foram executadas algumas alterações.

O sistema, inicialmente, não armazenava os dados dos serviços de litografia, trabalhava desde o início com as operações. Isso gerava problemas no que diz respeito à alocação das operações às máquinas e dificultava o uso do sistema. Com as mudanças feitas, o sistema passou a armazenar os serviços e as operações de litografia, pôde fornecer mais informações aos usuários e os problemas citados foram resolvidos.

Todas as demais alterações foram realcionadas ao layout das telas e das saídas impressas e à facilidade de utilização do sistema, visando torná-lo mais *friendly*. Pouca atenção foi dada a esses aspectos quando o sistema foi desenvolvido porque este estava sendo elaborado em caráter experimental e seria, se aprovado, incorporado a outro sistema

da empresa. O supervisor da litografia, porém, pediu para que se efetuassem as mudanças citadas acima, para testar a facilidade de utilização do sistema.

CAPÍTULO

5

O ALGORITMO OTIMIZANTE

Este algoritmo otimizador foi totalmente desenvolvido pelo autor. Além de ter sido uma possível solução para o problema, foi uma maneira de conhecê-lo estruturada e matematicamente, constituindo-se no ponto de partida do trabalho de elaboração de um sistema de programação da produção da litografia.

O algoritmo descrito a seguir apresenta algumas falhas: não considera, por exemplo, as impressoras bicolores. Para se constituir em uma solução boa e real para o problema, seria necessário aperfeiçoá-lo, o que não foi feito por ter se constatado sua inviabilidade.

5.1 - O ALGORITMO OTIMIZANTE

Entrada:

- Relação de serviços de litografia:

- . Rótulo
- . Tamanho da lata
- . Quantidade
- . Prazo de entrega

Ex de serviço de litografia: 10.000 folhas da lata de 3,6 L de Suvinil Latex.

Entregar até as 6:00 hs do dia 02/06/94.

Variáveis:

- De cada serviço, obtém-se uma relação de operações litográficas ($O_{o,s}$).

onde:

s é o número do serviço e varia de 1 a S (número de serviços a serem programados)

o é o número de ordem da operação dentro de um serviço, ou seja:

Primeira operação do serviço s : $O_{1,s}$

Segunda operação do serviço s : $O_{2,s}$

Última operação do serviço s : $O_{A,s}$

A (número de operações do serviço) depende do serviço.

Ex: Serviço s : 10.000 folhas da lata de 3,6 L de Suvinil Latex

é transformado em:

$O_{1,s}$ - Verniz epoxy

$O_{2,s}$ - Esmalte amarelo Suvinil

$O_{3,s}$ - Laranja

$O_{4,s}$ - Vermelho

$O_{5,s}$ - Preto

A cada operação litográfica $O_{o,s}$, há uma correspondente quantidade de passadas $QP_{o,s}$, que é igual ao número de folhas daquele serviço a serem litografadas.

Ex: $QP_{2,s} = 10.000$ passadas e corresponde à $O_{2,s}$.

$TP_n(m)$ é o tempo de processamento da n -ésima operação da máquina m . Se esta é a $O_{o,s}$, temos que:

$$TP_n(m) = QP_{o,s} / V_m$$

sendo:

V_m - velocidade da máquina m

Assim sendo, o problema de sequenciação da litografia pode ser tratado matematicamente como um problema de atribuição: deve-se atribuir cada operação $O_{o,s}$ a uma ordem [posição] n em uma máquina [fila] m .

Desta forma,

$$TP_1(m) = \alpha_{1,m,(1,1)} \cdot QP_{(1,1)} / V_m + \dots + \alpha_{1,m,(o,s)} \cdot QP_{(o,s)} / V_m + \dots + \alpha_{1,m,(A,S)} \cdot QP_{(A,S)} / V_m$$

$$TP_2(m) = \alpha_{2,m,(1,1)} \cdot QP_{(1,1)} / V_m + \dots + \alpha_{2,m,(o,s)} \cdot QP_{(o,s)} / V_m + \dots + \alpha_{2,m,(A,S)} \cdot QP_{(A,S)} / V_m$$

$$\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot$$

$$TP_N(m) = \alpha_{N,m,(1,1)} \cdot QP_{(1,1)} / V_m + \dots + \alpha_{N,m,(o,s)} \cdot QP_{(o,s)} / V_m + \dots + \alpha_{N,m,(A,S)} \cdot QP_{(A,S)} / V_m$$

Ou seja :

$$TP_n(m) = \sum_{(o,s)} \alpha_{n,m,(o,s)} \cdot QP_{(o,s)} / V_m$$

sendo :

$\alpha_{n,m,(o,s)}$ - variáveis de decisão : 0 ou 1

Em cada linha, 1 dos α 's = 1 e os demais são iguais a 0, de modo que:

$$\sum_{(o,s)} \alpha_{n,m,(o,s)} = 1, \text{ p/ quaisquer } n \text{ e } m.$$

Em cada coluna, apenas 1 dos α 's pode ser diferente de 0, de modo que:

$$\sum_{(n,m)} \alpha_{n,m,(o,s)} \leq 1, \text{ p/ quaisquer } o \text{ e } s.$$

$TA_n(m)$ é o tempo correspondente ao fim da n -ésima operação da máquina m .
Temos, então, que:

$$TA_1(m) = TP_1(m)$$

$$TA_n(m) = TA_{n-1}(m) + TP_n(m) + S_{(n-1,n)}(m) + TO$$

Sendo :

$S_{(n-1,n)}(m)$ - Tempo de setup entre a $(n-1)$ -ésima e a n -ésima operação da máquina m .

TO - Tempo ocioso

A figura a seguir ilustra a relação entre as variáveis acima, supondo não haver tempos ociosos:

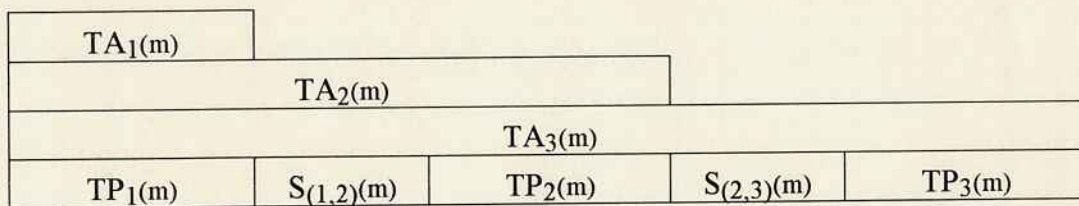


Figura 5.1 - Representação gráfica dos TA 's (elaborado pelo autor)

Os tempos de *setup* entre cada par de operações, para cada uma das máquinas, (os $S_{((o1,s1),(o2,s2))(m)}$) são conhecidos.

Os tempos $S_{(n-1,n)}(m)$ são obtidos da seguinte forma:

$$S_{(n-1,n)}(m) = \sum_{(o1,s1)} \sum_{(o2,s2)} \alpha_{n-1,m,(o1,s1)} \cdot \alpha_{n,m,(o2,s2)} \cdot S_{((o1,s1),(o2,s2))(m)}$$

É fundamental relacionar cada $TA_n(m)$ com seu correspondente $TA_{o,s}$ (tempo correspondente ao fim da operação o do serviço s). Estes são obtidos da seguinte forma:

$$TA_{o,s} = \sum_n \sum_m \alpha_{n,m,(o,s)} \cdot TA_n(m)$$

Restrições

Para que seja obedecida a sequência de operações de um serviço, é necessário haver uma diferença entre os tempos de início e entre os tempos de fim de duas operações de litografia consecutivas de um mesmo serviço igual ao tempo de se litografar 1 fardo de chapas de aço.

Ex: Entre as operações $O_{2,s}$ (esmalte amarelo Suvinil) e $O_{3,s}$ (laranja), é necessário este intervalo.

Desse modo, temos que:

$$TA_{0,s} > TA_{0-1,s} + \text{intervalo}$$

$$TA_{0,s} - TP_{0,s} > TA_{0-1,s} - TP_{0-1,s} + \text{intervalo}$$

onde:

intervalo é o tempo de litografar-se um fardo de chapas de aço, na mais lenta das máquinas.

Há, também restrições técnicas: certas operações não podem ser executadas em determinadas máquinas. Nestes casos, teremos:

$$\alpha_{n,m,(o,s)} = 0 \quad \text{p/ qualquer } n.$$

O prazo de entrega de cada serviço de litografia poderia ser colocado como uma restrição¹, mas isto seria o mesmo que considerar infinito o custo de atraso. É preferível, então, considerar o custo do atraso na função objetivo.

Função Objetivo

A função objetivo do algoritmo é :

$$\min Z = C_{wip} + C_{efl} + C_{tsetup} + C_{to} + C_{atr}$$

onde:

C_{wip} é o custo de estocar material em processo (*work in progress*)

C_{efl} é o custo de estocar folhas litografadas

¹ A restrição seria a seguinte:

$TA_{A,s} \leq \text{Prazo}$, para qualquer s .

C_{tsetup} é o custo do tempo perdido com preparação de máquinas (*setup*)

C_{to} é o custo do tempo ocioso

C_{atr} é o custo do atraso

$$C_{wip} = K_1 \cdot \sum_s \sum_o (TA_{o,s} - TA_{o-1,s} - TP_{o,s}) \cdot QP_{o,s}$$

$$C_{efl} = K_2 \cdot \sum_s (\text{Prazo}(s) - TA_{A,s}) \cdot QP_{A,s} \quad \begin{array}{l} - \text{ se } \text{Prazo}(s) > TA_{A,s} \\ 0 \quad - \text{ se } \text{Prazo}(s) < TA_{A,s} \end{array}$$

$$C_{tsetup} = K_3 \cdot \sum_m \sum_n (S_{(n-1,n)(m)}) V_m$$

$$C_{to} = K_4 \cdot \sum_m TO \cdot V_m$$

$$C_{atr} = K_5 \cdot \sum_s (TA_{A,s} - \text{Prazo}(s)) \cdot QP_{A,s} \quad \begin{array}{l} - \text{ se } TA_{A,s} > \text{Prazo}(s) \\ 0 \quad - \text{ se } TA_{A,s} < \text{Prazo}(s) \end{array}$$

e

K_1 é o custo de armazenagem de 1 chapa.hora de work in progress.

K_2 é o custo de armazenagem de 1 chapa.hora de material acabado.

K_3 é o custo incorrido ao não se processar 1 passada litográfica, por causa de setup.

K_4 é o custo incorrido ao não se processar 1 passada litográfica, deixando o equipamento ocioso.

K_5 é o custo de se atrasar 1 chapa.hora

Saída:

- Sequência de operações litográficas de cada máquina (programação):

- . Rótulo
- . Tamanho da lata
- . Quantidade
- . Operação
- . Data/hora de início da operação
- . Tempo de processamento
- . Tempo de setup

5.2 - POR QUE O ALGORITMO É INVIÁVEL

O algoritmo desenvolvido apresenta complexidades que tornam impossível resolvê-lo com os equipamentos de que a empresa pode dispor. Isto se deve aos seguintes fatores:

O algoritmo tem uma função objetivo cúbica, pois:
O problema do tempo de <i>setup</i> dependente dos serviços anterior e posterior à preparação da máquina, analogamente ao problema do caixeiro viajante, não é linearizável.
Devido à sequência que as passadas devem obedecer e à existência de prazos individuais, é necessário relacionar a n -ésima operação da máquina m ($O_{n,m}$) com a operação o do serviço s ($O_{o,s}$) ² .
O algoritmo utiliza variáveis inteiras (ainda que binárias)

Tabela 5.1 - Problemas do algoritmo otimizador (elaborado pelo autor)

Foi efetuado um teste utilizando o aplicativo Solver pertencente ao Software Excel e um microcomputador 486 com 8 Megabytes de memória RAM. O problema testado envolvia 1 máquina e 4 operações e não incluía restrições técnicas. O tempo gasto com o processamento do algoritmo e com os cálculos que o precedem foi de cerca de um minuto.

² Isto é feito pela seguinte fórmula:

$$TA_{o,s} = \sum_n \sum_m \alpha_{n,m,(o,s)} \cdot TA_n(m)$$

CAPÍTULO

6

O SISTEMA

Constatando-se a inviabilidade do algoritmo otimizante, foi elaborado um algoritmo heurístico. A partir deste, foi elaborado um sistema de programação da produção da litografia da empresa.

Nesta parte, será explicado o funcionamento do sistema. Ele foi totalmente desenvolvido e programado pelo autor e é composto, basicamente, por 3 grandes módulos:

- 1 .Entrada e Organização de Dados
- 2 .Atribuição de Cada Operação a uma Máquina
- 3 .Programação

A seguir, será mostrada a estrutura e a lógica embutida em cada um dos 3 módulos do sistema. Detalhes relativos à programação, considerados secundários, não foram abordados nesta parte, mas as listagens de todos os programas e bancos de dados que compõe este sistema estão no anexo Y.

6.1 - ENTRADA E ORGANIZAÇÃO DE DADOS

A partir dos dados que o operador digita, o sistema obtém e armazena informações que estão relacionadas ao procedimento de sequenciação.

Figura 6.1 - Entrada de dados de um pedido

(elaborado pelo autor)

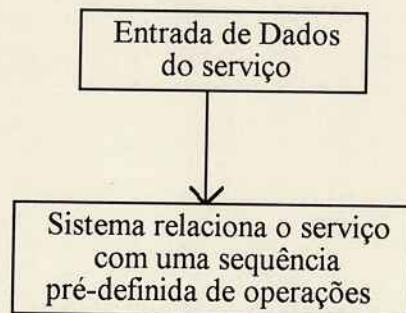


Figura 6.2 - Exclusão de operações já realizadas

(elaborado pelo autor)

Operações já realizadas são excluídas do arquivo de operações a serem feitas

Etapas do Sistema

Entrada de Dados do Serviço

Dados que o operador digita, no caso de litografia de corpo:

- Rótulo
- Tamanho da lata
- Quantidade
- Prazo (data/hora)

No caso de envernizamento de fundo, anel ou tampa, são necessários os seguintes dados:

- Tamanho da lata
- Material a ser aplicado (tipo de verniz)
- Componente (fundo, anel ou tampa)
- Prazo (data/hora)

O prazo e todas as variáveis de tempo (datas e horas) foram relacionados a números reais. O Tratamento dado a essas variáveis está explicado no anexo 3.

Sistema Relaciona o Serviço com uma Sequência de Operações
--

Um banco de dados contém a sequência de operações que compõe cada serviço de litografia. Cada serviço de litografia é, neste momento, desdobrado em uma sequência de operações.

RÓTULOS	Exemplo
Rótulo	Suvinil Latex
Tamanho de lata	50
Operação 1	Verniz Epoxy
Operação 2	Es amarelo Suvinil
Operação 3	Laranja
Operação 4	Vermelho
Operação 5	Preto
Operação 6	
Operação 7	
Operação 8	
Operação 9	

Tabela 6.1 - Arquivo RÓTULOS (elaborado pelo autor)

Os pedidos são, então, codificados, recebendo um número sequencial, que será importante posteriormente e armazenados no banco de dados que está colocado na página seguinte:

SERVIÇOS	Exemplo
Nº do pedido	66
Rótulo	Suvinil Latex
Tamanho da lata	50
Data de entrega	22/09/94
Hora de entrega	6:00
Quantidade	15.000
Prazo (nº real)	1.422,5
Operação 1	Verniz Epoxy
Operação 2	Es amarelo Suvinil
Operação 3	Laranja
Operação 4	Vermelho
Operação 5	Preto
Operação 6	
Operação 7	
Operação 8	
Operação 9	

Tabela 6.2 - Arquivo SERVIÇOS (elaborado pelo autor)

Após isso tudo, o sistema exibe a lista de pedidos (ver o Anexo 5)

Operações já realizadas são excluídas do arquivo de operações a serem feitas
--

Para excluir operações já realizadas do arquivo SERVIÇOS, o Sistema lê o número de referência do serviço digitado pelo operador, procura-o e mostra na tela seus dados, com as operações que devem ser processadas.

O operador, então, informa quais operações devem ser excluídas. O sistema as exclui e, se todas as operações já tiverem se realizado, o sistema exclui o registro correspondente àquele serviço do arquivo.

O sistema prossegue até que o operador informe ao sistema que não há mais exclusões a serem feitas. Nesta hora, é impressa a lista de pedidos (ver Anexo 5).

6.2 - ATRIBUIÇÃO DE CADA OPERAÇÃO A UMA MÁQUINA

Há 3 possibilidades de se atribuir cada operação de litografia a uma máquina:

- 1 - Operador escolhe a máquina na qual será realizada cada operação.
- 2 - Sistema escolhe a máquina na qual cada operação será realizada e, a seguir, roda a sequenciação.
- 3 - Sistema escolhe a máquina em que determinada operação será realizada durante o processo de sequenciação.

A escolha da máquina onde será processada cada operação pelo computador resultaria em maior eficiência do sistema porque este teria mais graus de liberdade para atuar do que se o operador escolhesse a máquina.

O número de graus de liberdade seria maior se o computador efetuasse a atribuição de máquinas enquanto estivesse rodando o programa de sequenciação (opção 3), mas isto traria uma ineficiência relacionada ao cálculo dos LPT's. Como veremos a seguir, estes são calculados com base no tempo que cada operação leva para ser feita. Como esse tempo depende da máquina na qual a operação deve ser realizada¹, os LPTs seriam calculados de maneira mais imprecisa. No caso do sistema atribuir as operações às máquinas e, a seguir, rodar a sequenciação (opção 2), não teríamos essa imprecisão, mas perderíamos graus de liberdade.

A outra possibilidade, a escolha do equipamento em que cada operação deve ser processada pelo operador (opção 1), é a que mais restringe o sistema, podendo, portanto, resultar em menor eficiência.

Contudo, os usuários do sistema (o programador e o supervisor da litografia) preferiam essa opção, argumentando que há uma série de limitações técnicas relacionadas à atribuição de uma operação a uma máquina e o computador não seria capaz de levar todas elas em conta. O autor argumentou que o computador poderia obedecer as restrições que eles quisessem. Eles colocaram que essas restrições eram muito complexas e subjetivas², que era preciso antes de mais nada mexer no processo, mas concordaram que “se o sistema

¹ A título de exemplo, a litografia de duas cores em 4.000 chapas, na Lito 4, demora cerca de 1 hora, em média. Na Lito 3, o mesmo serviço leva, em média, cerca de 6 horas.

² Foram citados os seguintes exemplos:

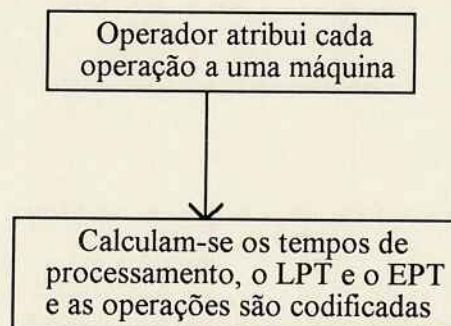
- Às vezes, utiliza-se uma impressora bicolor para a impressão de uma só cor, por dificuldades de ajustes daquele serviço em uma outra máquina monocolor.
- Às vezes, atribui-se certa operação a determinada máquina porque esta está bem ajustada.

estiver rodando direitinho, a gente pensa depois numa maneira de mexer na atribuição de máquina”.

Por essas restrições e por considerar difícil implantar um sistema que elabore uma programação automaticamente, com muito pouca participação do usuário, repentinamente, o sistema desenvolvido considera que o operador atribuirá cada operação a uma máquina. Desta forma, o problema de existirem sequências alternativas para a execução de um serviço de litografia existe para o usuário, mas não existe para o sistema. Vale lembrar que é possível simular várias possibilidades de combinações entre operações e equipamentos.

Figura 6.3 - Atribuição de cada operação a uma máquina

(elaborado pelo autor)



Etapas do Sistema

Operador atribui cada operação a uma máquina

Para a atribuição de cada operação a uma das máquinas, o sistema exibe os dados de um serviço e as operações dele que ainda faltam ser processadas. O operador, então, efetua as atribuições.

Exemplo:

Pedido nº 66 - Suvinil Latex		
	Material aplicado	Máquina
1ª	Verniz Epoxy	6
2ª	Es amarelo Suvinil	7
3ª	Laranja	1
4ª	Vermelho / Preto	2

Tabela 6.3 - Exemplo de atribuição das operações às máquinas (elaborado pelo autor)

No caso de operação a ser realizada em máquina bicolor, o operador informa se a operação seguinte será executada simultaneamente. Neste caso, as 2 operações serão consideradas como apenas uma.

Por fim, o sistema conta o número total de operações e o número de operações que serão feitas simultaneamente, em impressoras bicolores.

Calculam-se os tempos de processamento, o LPT e o EPT e as operações são codificadas

Codificação das operações

As operações são codificadas a partir do número do serviço do qual elas fazem parte, segundo a seguinte fórmula:

$$n^{\circ}op = n^{\circ}serv \times 10 + n$$

sendo:

$n = 0$ para a última operação daquele serviço,

$n = 1$ para a penúltima,

$n = 2$ para a antepenúltima

e assim sucessivamente.

Exemplo:

Pedido nº 66 - Suvinil Latex		
	Material aplicado	Nº da operação
1ª	Verniz Epoxy	663
2ª	Es amarelo Suvinil	662
3ª	Laranja	661
4ª	Vermelho / Preto	660

Tabela 6.4 - Exemplo de codificação de operações (elaborado pelo autor)

Cálculo dos tempos de processamento

Sabendo-se em que máquina uma dada operação será executada, obtêm-se os tempos de processamento de uma operação de litografia dividindo-se o número de passadas litográficas pela velocidade padrão de cada máquina, ou seja:

$$TP(m) = QP_{o,s} / V_m$$

Exemplo:

Sendo $QP_{O,S} = 15.000$ folhas, temos que:

Pedido nº 66 - Suvinil Latex			
	Nº da operação	V_m (fl/h)	TP (h)
1ª	663	4600	3,26
2ª	662	4600	3,26
3ª	661	3000	5,00
4ª	660	3500	4,29

Tabela 6.5 - Exemplo de cálculo dos TP's (elaborado pelo autor)

Definição dos EPTs

O EPT (Earliest Pick-up Time) de cada operação é definido da seguinte forma:

1. O EPT da primeira operação de cada serviço é definido como sendo igual a 0 porque esta operação pode ser realizada a qualquer momento, não precisa esperar que uma operação anterior seja realizada.
2. O EPT das demais operações de um serviço de litografia é definido como infinito, ou seja, igual ao maior número que o computador pode atribuir à variável EPT, porque estas operações só poderão ser realizadas após o processamento da operação anterior. Este valor é provisório. Quando uma operação é programada, o EPT da operação imediatamente posterior daquele serviço é recalculado.

Exemplo:

Pedido nº 66 - Suvil Latex		
	Nº da operação	EPT
1ª	663	0
2ª	662	9.999
3ª	661	9.999
4ª	660	9.999

Tabela 6.6 - Exemplo de cálculo dos EPT's (elaborado pelo autor)

Cálculo dos LPTs

O LPT (Latest Pick-up Time) de uma operação é calculado subtraindo-se o tempo de processamento e uma margem m do prazo do serviço, no caso da última operação de um serviço e do LPT da operação posterior, no caso das demais operações.

Esta margem m deve-se às incertezas do processo e ao tempo de fila. Além disso, é uma reserva de um tempo mínimo para se buscar ganhos de tempo de *setup* na sequenciação das operações subsequentes daquele serviço³. Desta forma, uma operação que precede outras 5 tem, embutidos em seu LPT, uma incerteza e um tempo de fila relativos às operações posteriores.

Seja um serviço composto pela sequência de operações OP1, OP2, OP3 e OP4, que devem ser executadas nesta ordem. Os LPT's de cada uma das operações devem ser calculados da seguinte forma:

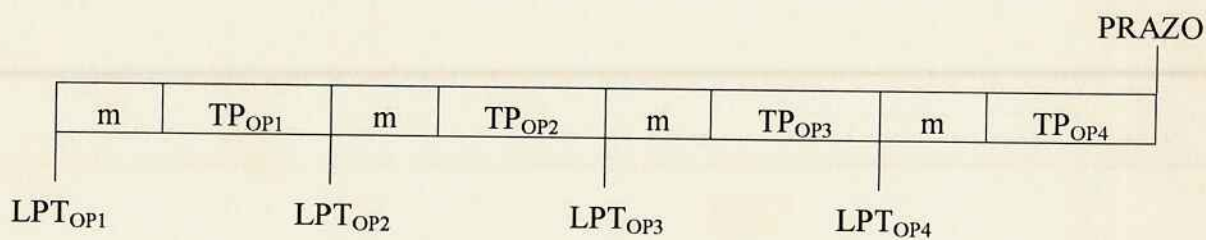


Figura 6.4 - Cálculo dos LPT's (elaborado pelo autor)

³ Sem essa margem m , se uma operação é executada em cima da hora, temos pouca margem para ganhos nas operações posteriores. Vale ressaltar, porém, que os ganhos de tempo nas envernizadeiras (onde são executadas as primeiras operações) são mais significativos que os ganhos de tempo nas impressoras

sendo:

TP_{OPx} - tempo de processamento da operação x.

m - margem

Exemplo do Suvinil Latex

Sendo $m = 2$ horas

Prazo do serviço (número correspondente) = 1422,5

Pedido nº 66 - Suvinil Latex			
	Nº da operação	TP (h)	LPT
1ª	663	3,26	1398,7
2ª	662	3,26	1404,0
3ª	661	5,00	1409,2
4ª	660	4,29	1416,2

Tabela 6.7 - Exemplo de cálculo dos LPT's (elaborado pelo autor)

As operações são armazenadas no arquivo OPERAÇÕES.

OPERAÇÕES	Exemplo
Rótulo	Suvinil Latex
Material aplicado	Es amarelo Suvinil
Material aplicado 2	
Tamanho da lata	50
Componente	Corpo
Nº da operação	662
Quantidade	15.000
LPT	1.404,0
EPT	9.999
Tempo	3,26
Máquina	7

Tabela 6.8 - Arquivo OPERAÇÕES (elaborado pelo autor)

No final desta etapa, o sistema imprime a lista de operações que devem ser executadas (ver Anexo 6)

6.3 - SEQUENCIAÇÃO

Partindo dos LPTs e EPTs já estabelecidos, tem início a programação propriamente dita. As operações de cada máquina são, então, colocadas em ordem cronológica. *log? LPT?*

A programação é finita e para frente. O sistema vai acompanhando a programação da produção da litografia, alocando uma operação a uma máquina, naquele momento, em cada loop.

Cada loop se desenvolve da seguinte forma: o sistema escolhe a máquina na qual será programada uma operação, selecionando aquela com menos tempo programado. Então, o operador determina quem escolhe a próxima operação desta máquina. Há, neste momento, 2 possibilidades:

1. O sistema determina a próxima operação desta máquina.

Neste caso, o sistema calcula as folgas de cada uma das operações a serem processadas por esta máquina, a partir de seus LPTs. A partir das folgas, são selecionadas as operações que podem ser executadas no momento sem comprometer o prazo de entrega de nenhuma delas e que já podem ser processadas, de acordo com seus EPTs. Dentre estas, é escolhida a operação que resulta em menor tempo de *setup*, seguindo regras de sequenciação.

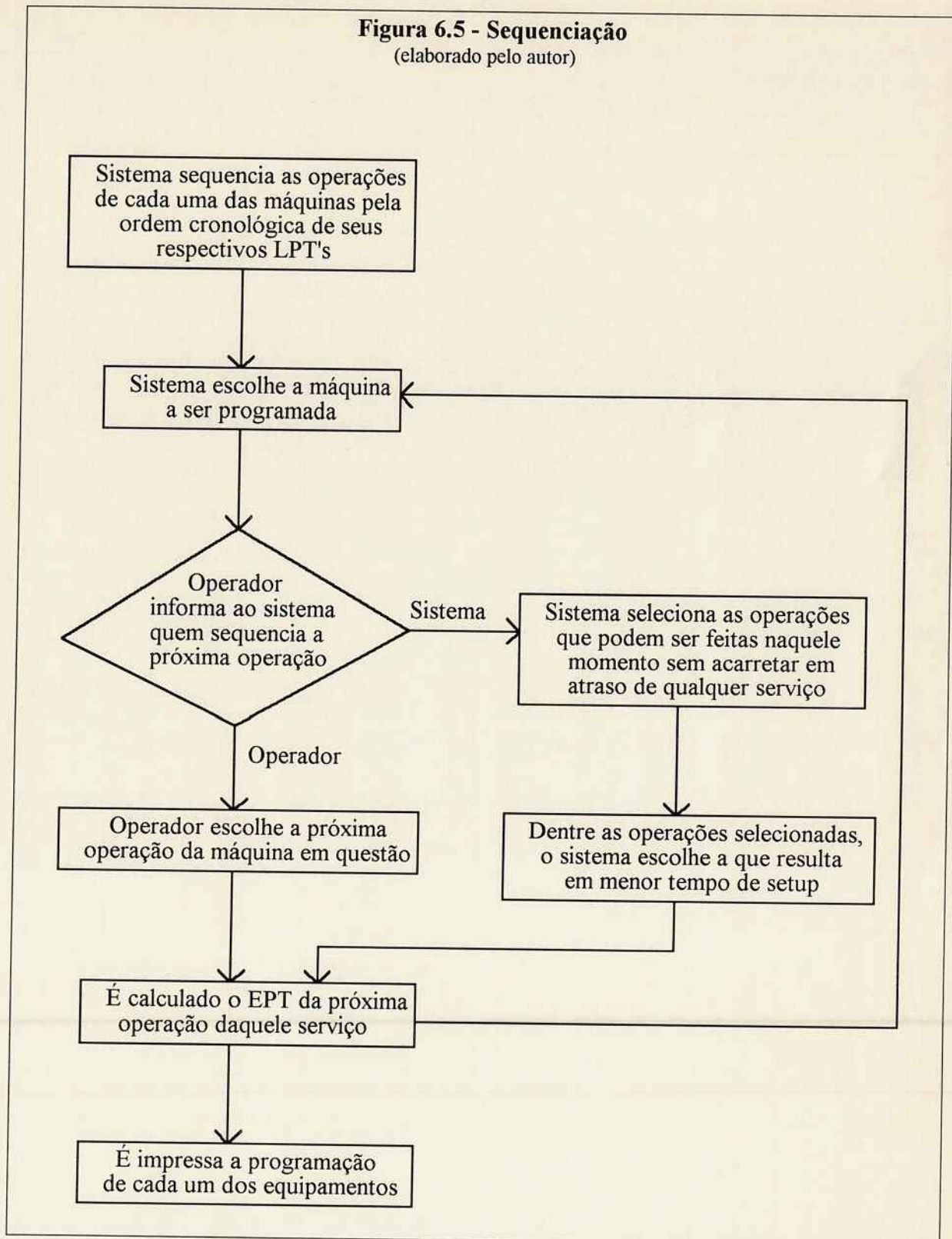
2. O operador determina a próxima operação desta máquina.

Esta opção deve ser utilizada para se reservar tempo de máquina (para manutenção, por exemplo).

Após escolher-se a próxima operação da máquina em questão, é recalculado o EPT da operação seguinte daquele serviço e outro loop tem início.

Após a sequenciação da produção pelo período escolhido, são impressas as programações de cada uma das impressoras e envernizadeiras.

Figura 6.5 - Sequenciação
(elaborado pelo autor)



Etapas do Sistema

Sistema sequencia as operações de cada máquina cronologicamente, pelos seus LPT's

Neste ponto, as operações do arquivo OPERAÇÕES serão distribuídas para os 6 arquivos de operações a serem programadas. Há um arquivo deste para cada máquina do setor. Eles são os OPMAQ1, OPMAQ2, OPMAQ3, OPMAQ4, OPMAQ6, OPMAQ7, para a Lito1, Lito 2, Lito 3, Lito 4, Lito 6 e Lito 7, respectivamente.

Nestes arquivos, as operações são ordenadas segundo a ordem cronológica de seus LPTs. Daqui em diante, para elaborar a programação da produção da litografia, o sistema só trabalhará com os arquivos de operações a serem programadas (os OPMAQs). Quando uma operação é programada, ela é excluída do arquivo OPMAQ correspondente à sua máquina.

A estrutura dos OPMAQs depende do tipo de equipamento (impressora monocolor, impressora bicolor ou envernizadeira).

Impressora Monocolor

OP MAQ 1*	Exemplo
Rótulo	Suvinil Latex
Material Aplicado	Laranja
Tamanho da lata	50
Nº da operação	661
Quantidade	15.000
LPT	1.409,2
EPT	9.999
Folga	(veremos a seguir)
Tempo	5,00
Aprovado (S/N)	(veremos a seguir)

*O banco de dados OP MAQ 3 tem esta mesma estrutura.

Tabela 6.9 - Arquivo OPMAQ 1 (elaborado pelo autor)

Impressora Bicolor

OP MAQ 2*	Exemplo
Rótulo	Suvinil Latex
Material Aplicado	Vermelho
Material Aplicado 2	Preto
Tamanho da lata	50
Nº da operação	660
Quantidade	15.000
LPT	1.416,2
EPT	9.999
Folga	(veremos a seguir)
Tempo	4,29
Aprovado (S/N)	(veremos a seguir)

*O banco de dados OP MAQ 4 tem esta mesma estrutura.

Tabela 6.10 - Arquivo OPMAQ 2 (elaborado pelo autor)

Envernizadeira

OP MAQ 6*	Exemplo
Rótulo	Suvinil Latex
Material Aplicado	Verniz epoxy
Tamanho da lata	50
Componente	Corpo
Nº da operação	663
Quantidade	15.000
LPT	1.398,7
EPT	0
Folga	(veremos a seguir)
Tempo	3,26
Aprovado (S/N)	(veremos a seguir)

*O banco de dados OP MAQ 7 tem esta mesma estrutura.

Tabela 6.11 - Arquivo OPMAQ 6 (elaborado pelo autor)

A ordenação das operações a serem realizadas pela ordem cronológica de seus LPTs será importante para o cálculo de folgas, como veremos posteriormente.

A ordem cronológica é a melhor disposição para minimizar a ^{maximizar} somatória dos tempos de atraso, se os tempos de setup não dependerem da combinação de operações envolvida na preparação do equipamento. (citar Bibliografia: apostila do Miguel)

Exemplo:

Admitindo que temos 5 operações a serem realizadas pela Lito 6, estas seriam ordenadas da seguinte forma:

Máquina 6		
Nº (ordem)	Nº da operação	LPT
1	683	1393,5
2	663	1398,7
3	692	1402,0
4	632	1421,8
5	733	1430,3

Tabela 6.12 - Exemplo de ordenação das operações (elaborado pelo autor)

Depois disto, o sistema lê do teclado a data de início da programação e o horizonte de programação (em horas).

Além disso, o operador informa ao sistema se a programação de cada uma das máquinas deve começar com preparação. Nas máquinas em que for pra começar com preparação, ele informa o tamanho da folha e o material aplicado (no caso das envernizadeiras, o componente também) que estará saindo da máquina no horário de início da programação.

Sistema escolhe a máquina a ser programada

O sistema programa 1 operação em 1 máquina em cada ciclo. Em cada ciclo, é escolhida a máquina e, posteriormente, a operação que será executada naquela máquina, naquele momento.

O sistema escolhe, sempre, a máquina com menor tempo programado⁴.

Exemplo:

Se, em um dado momento (ou loop), as máquinas já foram programadas como indica a tabela abaixo:

Máquina	Programada até as:
Lito 1	16:29 h
Lito 2	16:42 h
Lito 3	22:00 h
Lito 4	12:07 h
Lito 6	11:30 h
Lito 7	15:21 h

Tabela 6.13 - Exemplo de escolha da máquina a ser programada (elaborado pelo autor)

O sistema escolherá, então, a Lito 6.

A máquina menos programada (ou seja, a *“mais atrasada” na programação*) é a única sobre a qual é possível saber, com certeza, quais operações podem e quais não podem ser realizadas naquele momento, respeitando-se a sequência de operações do seu respectivo serviço.

Isto ocorre porque a programação de uma operação resulta no cálculo do EPT da operação imediatamente posterior de seu serviço (se houver). O processamento daquela em uma máquina *“mais atrasada” na programação* pode possibilitar a execução desta em outra máquina *“mais adiantada” na programação*.

Exemplo (partindo dos exemplos anteriores):

⁴ Se houver empate, as máquinas prioritárias são, pela ordem as Litos 6;7;2;4;1;3, mas isso não resulta em qualquer diferença para o resultado da programação.

Considerando que a operação 663 ainda não foi programada, as operações do serviço 66 posteriores àquela não podem, ainda, ser realizadas. No momento em que a operação 663 for programada, o EPT da operação 662 será recalculado.

Temos, então, que se a operação 663 for processada na Lito 6 às 11:30, é provável que a operação 662 possa ser processada na Lito 7 às 15:21. Portanto, ainda não sabemos exatamente quais operações poderão ser executadas na Lito 7 às 15:21.

Operador escolhe quem determina a próxima operação da máquina em questão
--

O operador pode, neste momento, optar por escolher a próxima operação desta máquina no lugar do sistema. Os usuários queriam um sistema no qual eles pudessem intervir e "encaixar" operações onde julgassem necessário. Por isso, foi dada a eles essa possibilidade. No caso de se querer programar um tempo de máquina parada (para manutenção, por exemplo), o operador deve optar por determinar a próxima operação da máquina em questão.

Neste momento, a tela do computador exibe a programação desta máquina até o momento e as horas, na programação. O operador, então, informa ao sistema quem deverá escolher a próxima operação desta máquina e o sistema chama o procedimento correspondente à opção do operador⁵.

⁵ O sistema acionará um entre os seguintes procedimentos:

Seq 1 - Escolha da próxima operação da Lito 1, pelo sistema

Seq 2 - Escolha da próxima operação da Lito 2, pelo sistema

Seq 3 - Escolha da próxima operação da Lito 3, pelo sistema

Seq 4 - Escolha da próxima operação da Lito 4, pelo sistema

Seq 6 - Escolha da próxima operação da Lito 6, pelo sistema

Seq 7 - Escolha da próxima operação da Lito 7, pelo sistema

Manual - Escolha da próxima operação da máquina selecionada pelo operador

Sistema seleciona as operações que não comprometem o cumprimento de prazos

1a. etapa - Cálculo de folgas

Trabalhamos com a sequência de operações a serem programadas. Admite-se, de início, que as operações serão realizadas na ordem cronológica dos seus respectivos LPTs.

Sendo as operações OP1, OP2, OP3 e OP4, nesta ordem, as 4 primeiras operações a serem realizadas na máquina escolhida, de acordo com a sequenciação cronológica, temos que:

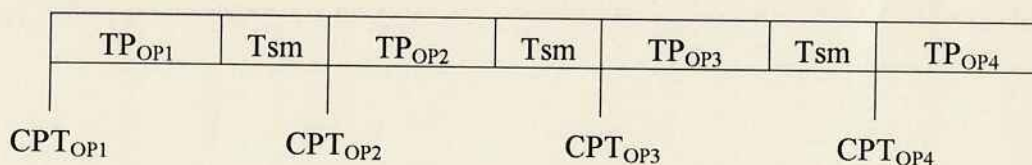


Figura 6.6 - Obtenção dos CPT's (elaborado pelo autor)

sendo:

TP_{OPx} o tempo de processamento da operação x.

Tsm o tempo de setup máximo daquele equipamento. (* pode englobar uma penalidade às operações posteriores).

CPT_{OPx} (Chronologic Pick-up Time da operação x) o tempo correspondente ao momento em que a operação x começará a ser processada, de acordo com a sequência de operações a serem programadas (cronológica)

A folga de cada uma das operações é a diferença entre o prazo (LPT) de se começar uma operação e o momento em que esta será realizada, obedecendo-se a sequência de operações a serem programadas (cronológica), ou seja:

$$\text{Folga}_{OPx} = \text{LPT}_{OPx} - \text{CPT}_{OPx}$$

A folga é, portanto, o tempo em que aquela operação pode ser atrasada.

Exemplo.

Sendo Tsm = 1,3 h, para a Lito 6.

Sendo tempo inicial = 1380,00 (dia 20/09/94, às 11:30)

Nº da operação	LPT	TP	CPT	Folga
683	1393,5	3,26	1.384,6	8,9
663	1398,7	7,61	1.393,5	5,2
692	1402,0	2,61	1.397,4	4,6
632	1421,8	5,43	1.404,1	17,7
733	1430,3	0,87	1.406,3	24,0

Tabela 6.14 - Exemplo de cálculo de folgas (elaborado pelo autor)

2a. etapa - Seleção das operações pelo teste de prazo.

A operação, para ser aprovada pelo teste de prazo, precisa passar por 2 provas:

.Prova do LPT - seleciona as operações que não comprometem o cumprimento do prazo de qualquer uma das operações atribuídas a esta máquina

.Prova do EPT - seleciona as operações que não precisam esperar a litografia de operações que as antecedem em seus respectivos serviços.

Prova do LPT

Uma dada operação será aprovada na Prova do LPT se o seu tempo de processamento for menor que as folgas de todas as operações de menor LPT (ou seja, de menor CPT) somadas a um delta.

OP_1 - pode ser sempre executada

OP_2 - poderá ser executada se $TP_{OP_2} < Folga_{OP_1} + \text{delta}$.

OP_3 - poderá ser executada se $TP_{OP_3} < \min(Folga_{OP_1}, Folga_{OP_2}) + \text{delta}$.

OP_x - poderá ser executada se $TP_{OP_x} < \min(Folga_{OP_1}, \dots, Folga_{OP_{(x-1)}}) + \text{delta}$.

Exemplo

Sendo $\delta = 1$, temos:

Nº da operação	TP	min (folgas anteriores)	Aprovado ?
683	3,26	-	SIM
663	7,61	8,9	SIM
692	2,61	5,2	SIM
632	5,43	4,6	NÃO
733	0,87	4,6	SIM

Tabela 6.15 - Exemplo de Prova do LPT (elaborado pelo autor)

Prova do EPT

Uma determinada operação OP_x poderá ser executada se:

$$APT > EPT_{OP_x},$$

sendo que o APT (Actual Pick-up Time) é o momento em que a operação será executada se ela for a próxima da fila.

No caso desta máquina, todas as operações têm o $EPT=0$, por serem, todas elas, as primeiras operações de seus respectivos serviços. Portanto, estas operações são aprovadas na Prova do EPT.

Podemos considerar que o prazo é um critério qualificador: é necessário que a operação não comprometa o cumprimento do prazo de qualquer uma das operações atribuídas a esta máquina e que não precise esperar a litografia de operações que a antecedem em seu respectivo serviço. Todas as operações que se encaixarem nesta definição são aprovadas pelo critério prazo.

Se todas as operações forem reprovadas no teste de prazo, será selecionada (e considerada aprovada neste critério) a operação com o menor LPT dentre as aprovadas na Prova do EPT. Se todas as operações forem reprovadas na Prova do EPT, a máquina em questão deve ficar parada porque não há chapas disponíveis a serem litografadas naquele equipamento.

Dentre as selecionadas, o sistema escolhe a operação seguindo regras de sequenciação

Dentre as operações aprovadas pelo critério prazo, o sistema programará na máquina em questão e naquele momento a operação que resultar em menor tempo de preparação de máquina⁶.

Os tempos de *setup* dos equipamentos do setor de litografia dependem da operação que acabou de ser realizada e da que será processada a seguir. Para trabalharmos com esta particularidade do problema, foram estabelecidas regras de sequenciação em função da combinação de operações envolvidas na preparação das máquinas. Uma outra alternativa seria tratar matematicamente os tempos de *setup*⁷.

Há uma sequência de regras, que existem na prática e cuja ordem se aplica a qualquer caso prático. Dentre as operações selecionadas, é escolhida a que obedece a melhor regra. Em havendo empate, é escolhida, dentre as que empataram, a com o menor LPT.

As regras dizem respeito às semelhanças entre a operação que acabou de ser processada e a operação que começará a ser realizada. A cada regra de cada máquina, há um tempo de *setup* correspondente.

As regras de sequenciação foram ditadas pelos usuários (programador e supervisor da litografia). Para tanto, o autor explicou-lhes que o sistema iria sequenciar a produção do setor seguindo algumas regras que seriam ditadas por eles.

As sequências de regras varia de acordo com o tipo de máquina e estão expostas a seguir:

⁶ Se o prazo é um critério qualificador, podemos considerar que o critério ganhador de pedidos é o custo, aqui traduzido pelo tempo de *setup* resultante da escolha da operação.

⁷ Os métodos de resolução do problema do caixeiro viajante, por exemplo, nos permitem estabelecer quaisquer distâncias (no caso, quaisquer tempos de *setup*) entre cada uma das operações. As regras de sequenciação não chegam a esse nível de detalhe. O problema prático também não carece de tanta precisão porque parece haver muito poucas diferenças além daquelas que as regras de sequenciação conseguem abranger. E, para essas pequenas diferenças, não há dados que nos permitam saber se elas realmente existem e quanto significam.

Por outro lado, os métodos de resolução do problema do caixeiro viajante não nos permitem considerar prazos individualmente para cada serviço e operação, absolutamente necessários no nosso problema e não consideram a possibilidade de mais de uma máquina executarem um determinado serviço.

Regras de Sequenciação

Envernizadeira	
1ª Regra	- Mesmo material aplicado e mesmo componente
2ª Regra	- Mesmo material aplicado
3ª Regra	- Material aplicado semelhante (ex: es branco leve / es branco oxilyn)
4ª Regra	- Mesmo componente e mesmo tamanho de folha

Tabela 6.16 - Regras de Sequenciação de uma Envernizadeira (elaborado pelo autor)

Exemplo:

No caso da operação anterior à que está sendo escolhida ter sido o envernizamento de 10.000 latas de Coral Massa Corrida, tamanho 50, temos que:

Operação Anterior	
Material Aplicado	Verniz Epoxy
Componente	Corpo
Tamanho da folha	50

Tabela 6.17 - Exemplo de uma operação em uma envernizadeira (elaborado pelo autor)

Desta forma, a sequência de regras seria a seguinte:

Sequência de Regras	
1ª Regra	Material aplicado: Verniz Epoxy Componente: Corpo
2ª Regra	Material aplicado: Verniz Epoxy
3ª Regra	não se aplica (esta regra só se aplica a esmaltes)
4ª Regra	Componente: Corpo Lata: 50

Tabela 6.18 - Exemplo de uma sequência de regras para uma envernizadeira (elaborado pelo autor)

Regras de Sequenciação

Impressora Monocolor	
1ª Regra	- Mesmo material aplicado e mesmo tamanho da folha
2ª Regra	- Mesmo material aplicado
3ª Regra	- Mesmo tamanho de folha

Tabela 6.19 - Regras de Sequenciação de uma Impressora Monocolor (elaborado pelo autor)

Exemplo:

No caso da operação anterior a que está sendo escolhida ter sido a impressão do azul de 10.000 latas de Coral Massa Corrida, tamanho 50, temos que:

Operação Anterior	
Material Aplicado	Azul
Tamanho da folha	50

Tabela 6.20 - Exemplo de uma operação em uma impressora monocolor (elaborado pelo autor)

Desta forma, a sequência de regras seria a seguinte:

Sequência de Regras	
1ª Regra	Material aplicado: Azul Lata: 50
2ª Regra	Material aplicado: Azul
3ª Regra	Lata: 50

Tabela 6.21 - Exemplo de uma sequência de regras para impressora monocolor (elaborado pelo autor)

Regras de Sequenciação

Impressora Bicolor	
1ª Regra	- Mesmos materiais aplicados (os dois) e mesmo tamanho de folha
2ª Regra	- Um dos materiais aplicados e mesmo tamanho de folha
3ª Regra	- Mesmos materiais aplicados (os dois)

Tabela 6.22 - Regras de Sequenciação de uma Impressora Bicolor (elaborado pelo autor)

Exemplo:

No caso da operação anterior a que está sendo escolhida ter sido a impressão do azul e do preto de 10.000 latas de Coral Massa Corrida, tamanho 50, temos que:

Operação	Anterior
Material Aplicado 1	Azul
Material Aplicado 2	Preto
Tamanho da folha	50

Tabela 6.23 - Exemplo de uma operação em uma impressora bicolor (elaborado pelo autor)

Desta forma, a sequência de regras seria a seguinte:

Sequência de Regras	
1ª Regra	Materiais aplicados: Azul e Preto Lata: 50
2ª Regra	Um dos materiais aplicados: ou Azul ou Preto Lata: 50
3ª Regra	Materiais aplicados: Azul e Preto

Tabela 6.24 - Exemplo de uma sequência de regras para impressora bicolor (elaborado pelo autor)

Os dados da operação escolhida são, então, exibidos na tela.

A operação escolhida é atribuída para aquela posição na fila (incluída no arquivo CHOSEN) e é eliminada da sequência de operações a serem programadas (deletada do arquivo OPMAQ).

CHOSEN	Exemplo
Rótulo	Suvinil Latex
Material Aplicado	Verniz epoxy
Material Aplicado 2	
Tamanho da lata	50
Quantidade	15.000
APT	1.380,00*
Ordem	3º
Máquina	6
Tempo de <i>Setup</i> (h)	0,1
Nº da operação	663
Tempo	3,26

*Este número corresponde às 11:30 do dia 20/09/94

Tabela 6.25 - Arquivo CHOSEN (elaborado pelo autor)

Escolha da operação pelo operador

No caso da operação ser escolhida pelo operador, o sistema pergunta o número da operação e a procura no arquivo OPMAQ correspondente à máquina sobre a qual se está trabalhando. A tela do computador exhibe os dados da operação e, caso o operador confirme a sua inclusão naquela ordem daquela fila, o sistema apaga a operação do arquivo OPMAQ correspondente e a inclui no arquivo CHOSEN.

O operador pode, também, optar por reservar tempo de máquina para manutenção preventiva ou algo do gênero. Neste caso, o sistema pergunta quanto tempo deve ser reservado e armazena essa informação no arquivo CHOSEN.

É calculado o EPT da próxima operação que compõe aquele serviço

Foi visto anteriormente que o nº da última operação de cada serviço termina em 0. Assim, se o último algarismo do nº desta operação escolhida for diferente de 0, o sistema procurará a próxima operação deste serviço. Esta será identificada pelo nº da operação (nº desta - 1).

Exemplo:

Dado que a operação 663 foi a escolhida, o sistema procurará a operação nº 662 e a encontrará no arquivo OPMAQ 7. O EPT desta máquina será recalculado, como veremos.

A fórmula para o cálculo do EPT depende da relação entre as máquinas nas quais devem ser realizadas as operações envolvidas (a operação *escolhida* e a cujo EPT deverá ser recalculado, que chamaremos de *seguinte*). Há 3 possíveis fórmulas:

1. As 2 operações devem ser realizadas na mesma máquina

Neste caso, da próxima vez que a máquina em que operação *seguinte* deve ser realizada estiver vaga, a operação *escolhida* estará acabando de ser processada. A operação *seguinte* poderá, então, ser executada a qualquer momento. Portanto, seu EPT assume valor 0.

2. A operação *escolhida* é realizada em uma máquina mais rápida que a *seguinte*. Portanto, os fardos deste serviço devem se transferir de uma máquina mais rápida para uma máquina mais lenta.

Neste caso, quando o primeiro fardo acaba de ser litografado na máquina mais rápida, já é possível começar a processar a operação *seguinte* na máquina mais lenta. Ao EPT, é somado um delta⁸ (uma folga, para segurança).

⁸ Seria possível utilizar um delta variável, tal que:

$$\text{delta} = a.T + b$$

sendo:

T - o tempo programado daquela máquina até o momento

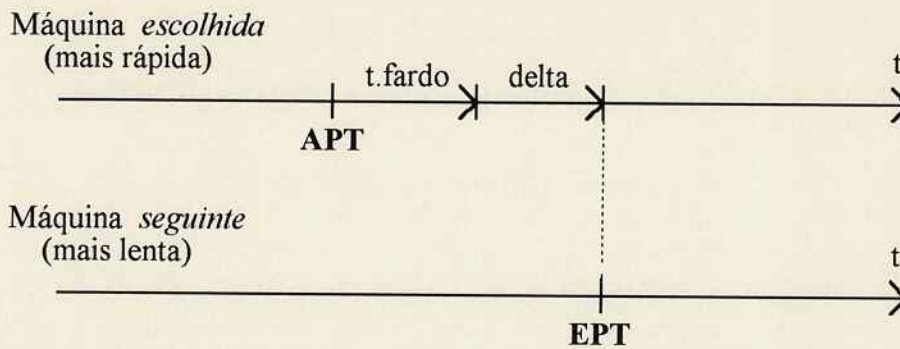
a - coeficiente

a.T - parcela do delta variável, onde estariam embutidas as incertezas relacionadas a todas as operações até o momento

b - parcela fixa do delta

Figura 6.7 - Cálculo do EPT - 1º caso

(elaborado pelo autor)



Temos, então, que:

$$EPT = APT + t.fardo + \text{delta}$$

e $t.fardo = \text{fardo} / v_e$

Sendo:

APT - O momento em que a operação *escolhida* começará a ser processada

t.fardo - Tempo de processamento de um fardo da operação *escolhida*

fardo - Quantidade de chapas que compõe um fardo

v_e - Velocidade da máquina *escolhida*

Exemplo numérico:

Sendo a operação 663 a *escolhida*, a 662 será a *seguinte*. Visto que as máquinas em que as 2 operações serão realizadas (respectivamente, a lito 6 e a lito 7) têm a mesma velocidade, esta fórmula pode ser aplicada. Temos, então, que:

$$EPT = 1.404,87 + 1.400/4600 + 1$$

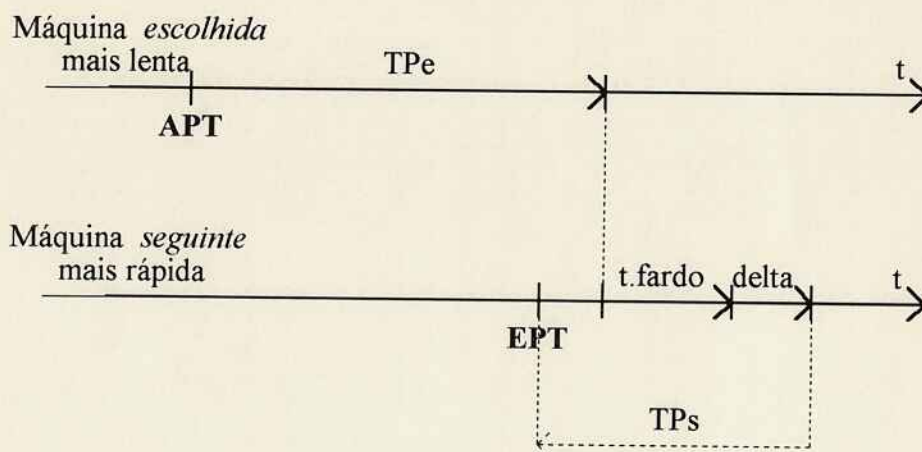
$$EPT = 1.406,17 \quad (\text{corresponde às 13:40 do dia 21/09/94})$$

3. A operação *escolhida* é realizada em uma máquina mais lenta que a *seguinte*. Portanto, os fardos deste serviço devem se transferir de uma máquina mais lenta para uma máquina mais rápida.

Neste caso, deve-se fazer uma conta para que o último fardo comece a ser processado na máquina mais rápida assim que sair da mais lenta. O EPT deve ser somado a um delta.

Figura 6.8 - Cálculo do EPT - 2º caso

(elaborado pelo autor)



Assim, o EPT da operação *seguinte* deve ser calculado da seguinte forma:

$$\text{EPT} = \text{APT} + t.\text{fardo} + \text{TPe} - \text{TPs} + \text{delta}$$

e $t.\text{fardo} = \text{fardo}/v_s$

Sendo:

TPe - Tempo de processamento da operação *escolhida*.

TPs - Tempo de processamento da operação *seguinte*.

v_s - Velocidade da máquina *seguinte*

Exemplo numérico:

Visto que as máquinas em que as 2 operações serão realizadas têm a mesma velocidade, esta fórmula pode ser aplicada para o caso do exemplo anterior. Desta forma, temos que:

$$\text{EPT} = 1.404,87 + 1.400/4600 + 3,26 - 3,26 + 1$$

EPT = 1.406,17

Impressão da programação de cada um dos equipamentos
--

Após a sequenciação da produção, é impressa a programação de cada uma das máquinas. Os serviços a serem executados são impressos em ordem cronológica de execução, com os seguintes dados:

- . Rótulo
- . Código da Lata
- . Quantidade de folhas a serem litografadas
- . Horário programado para o início da execução do serviço
- . Horário programado para o final da execução do serviço
- . Material aplicado
- . Código de referência da operação

Além disso, são explicitados os horários previstos para o início e para o fim da preparação de cada equipamento.

As listagens contendo a programação de cada uma das máquinas estão no anexo 7.

CAPÍTULO

7

IMPLANTAÇÃO E TESTES

7.1 - IMPLANTAÇÃO

Desde o início do ano, um analista do departamento de informática estava desenvolvendo um sistema de bancos de dados para a litografia. Durante o ano, foram criados telas e relatórios de apresentação, vários arquivos e programas de entrada, saída e consulta de dados, entre outros. Foi desenvolvido, também, um módulo de programação, ou seja, um conjunto de telas, programas e saídas para entrada e apresentação da sequenciação da produção da litografia, que tinha que ser elaborada manualmente.

Se bem sucedido, o sistema elaborado pelo autor seria a base para o desenvolvimento de um módulo de programação incorporado ao sistema do departamento de informática.

O sistema desenvolvido pelo autor não obedece requisitos básicos para a implantação de um sistema de informações, tais como checagens de consistências durante a entrada de dados e foi, desde o início de sua elaboração, considerado, pela empresa, como um protótipo. O sistema do departamento de informática, por outro lado, possui um conjunto de bancos de dados extenso e completo e toda a carcaça de que o sistema de programação do autor precisa.

Depois de testado com o supervisor da litografia que acompanhou o projeto, o sistema foi mostrado para o gerente da litografia¹ e para um consultor do setor e os mecanismos e a lógica do sistema foram discutidos. Foram examinados os testes e chegou-se, então, aos seguintes consensos:

- . É necessário implantar um sistema de programação da produção da litografia.
- . O sistema atende às necessidades do setor no tocante ao atendimento de prazos.
- . O sistema reduz o tempo gasto com preparação de equipamentos.
- . O sistema eleva o nível de estoque intermediário (*work in progress*) do setor de litografia².

¹ O atual gerente da litografia passou a ocupar esse posto em setembro.

² O sistema divide cada serviço de litografia em operações e, obedecendo limitações relacionadas ao prazo de entrega, as programa visando obter um tempo de *setup* pequeno. Desta forma, um fardo de folhas metálicas pode ficar aguardando até mais de um dia entre a execução de 2 operações consecutivas. O tempo de ciclo médio de um serviço de litografia tende a aumentar, mas o número de atrasos tende a diminuir.

Na opinião do consultor, falta ao setor de litografia a capacidade para administrar o estoque em processo causado pela redução do tempo de *setup*. O gerente do setor de litografia, porém, entende que o aumento do nível de estoque intermediário é prejudicial e deve ser evitado a qualquer custo. De qualquer forma, o sistema deve ser modificado antes de ser efetivamente implantado.

É importante ressaltar que a necessidade de não se aumentar o nível de estoque em processo não foi comunicada ao autor antes ou durante a execução deste sistema. Quando o sistema estava sendo projetado, esta questão foi levantada, mas o supervisor da litografia afirmou que a redução do tempo gasto com preparação de equipamentos e a diminuição do número de atrasos compensaria o acréscimo no nível de *work in progress*.

O autor crê que não houve mudança nos planos da empresa com relação ao estoque intermediário da litografia, mas que a comunicação vertical da empresa e importantes informações não chegaram àquele supervisor.

Por fim, o gerente da litografia considera, também, que a redução do tempo de cada preparação de um equipamento é fundamental para a melhoria do desempenho do setor. O autor compartilha dessa opinião, mas, até o momento, nenhum esforço tem sido dispendido pela empresa para reduzir o tempo de *setup* na litografia.

Planos para a Implantação do Sistema

Este sistema de programação da produção da litografia só poderá ser implantado sem modificações se se concordar em aumentar o estoque em processo a fim de se obter reduções no número de atrasos e no tempo de preparação de equipamentos. Caso contrário, ou este sistema deve ser alterado, ou outro deve ser elaborado.

Um sistema deve ser desenvolvido a partir da estratégia competitiva da empresa³. É preciso envolver no processo de elaboração de um sistema de programação da produção da litografia as pessoas que o utilizarão (supervisor e programador da produção do setor), as

³ Esse foi, aliás, o intuito deste trabalho: elaborar um sistema de programação a partir dos critérios competitivos levantados por Prochno (93).

que o desenvolverão e as que tomam as decisões estratégicas relacionadas ao setor⁴ (gerente da litografia, por exemplo).

Os envolvidos devem se reunir para decidir o que o sistema deverá executar, respondendo às seguintes perguntas:

- Quais devem ser as entradas do sistema ?
- Quais devem ser suas saídas ?
- O que o sistema deverá buscar melhorar ? Para que serve o sistema ?
- Como deverá ser o funcionamento do sistema, do ponto de vista do usuário ?
- Como será o ambiente no qual o sistema estará inserido ? Como será a litografia amanhã ?

Definidas estas questões, o grupo não deve se dissolver. Durante a execução do sistema, surgem muitos pontos que precisam ser discutidos por todos e deve ser preparada a implantação do sistema.

Para se dar continuidade a este trabalho, devem se reunir o gerente, o consultor, o supervisor e o programador da litografia, o analista de sistemas que elaborou o sistema de banco de dados para o setor e a pessoa que se encarregar de continuar o projeto. As perguntas colocadas acima devem ser respondidas e poderá se verificar a possibilidade de aproveitar o sistema desenvolvido, efetuando mudanças. Enquanto o sistema estiver sendo desenvolvido, deve-se preparar a sua implantação.

⁴ Estas não se envolveram no desenvolvimento deste sistema.

7.2 - TESTES

Para se efetuar comparações numéricas entre o resultado deste sistema e ^o processo atual de programação, é preciso simular o funcionamento daquele. Como o programado difere substancialmente do que é efetivamente realizado⁵, o simples confronto entre os programas de cada equipamento não elucida a questão.

Foram realizados alguns testes no sistema (ver um exemplo nos anexos 5, 6 e 7). A análise destes nos mostra que:

- . A simples formalização do processo, com a organização dos dados pelo computador, leva a uma programação melhor e a uma visualização mais clara da situação da produção da litografia.

- . O estoque em processo aumenta. Acompanhando o resultado do anexo 7, podemos ver que a operação 261 (esmalte branco, rótulo Vila Velha) entra na máquina 7 às 2:51. Às 14:34, (12 horas antes), a operação precedente (op. 262, verniz sanitário) já tinha sido executada.

- . Há ganhos de tempo de *setup*. A antecipação da execução da operação 262 (verniz sanitário, rótulo Vila Velha) significou um ganho de cerca de 40 minutos de uma envernizadeira, sem resultar em qualquer atraso.

- . O ganho de tempo de *setup* nas envernizadeiras é usualmente maior do que o obtido nas impressoras.

- . O ganho de tempo de *setup* é muito pequeno se os prazos são muito apertados.

- . O sistema é pouco *friendly*.

- . O sistema é rápido. Portanto, permite a execução de simulações.

⁵ Raramente a produção do setor de litografia chega a 70% do que foi programado.

CAPÍTULO

8

CONCLUSÕES

Este trabalho visou, desde o princípio, conciliar o objetivo acadêmico de desenvolver um trabalho de formatura aplicando-se os conhecimentos adquiridos na Escola Politécnica e o objetivo empresarial de se obter vantagem competitiva com a implementação de um projeto de melhoria. Utilizando sua bagagem acadêmica, o estagiário procurou desenvolver um sistema adequado à realidade da empresa, visando atender às suas necessidades de redução de tempo de *setup* e aumento da confiabilidade de prazos de um de seus setores.

8.1. RESULTADOS ACADÊMICOS

Pode-se considerar que o objetivo acadêmico deste trabalho foi plenamente realizado. Foi esboçado um modelo matemático para otimizar a programação da produção do setor de litografia, desenvolveu-se um algoritmo heurístico para o problema e foi elaborado um sistema a partir do algoritmo desenvolvido. Este sistema protótipo foi testado com um dos usuários e algumas alterações foram efetuadas.

O resultado deste trabalho pode embasar o desenvolvimento de sistemas similares de programação da produção.

8.2. RESULTADOS PARA A EMPRESA

Este trabalho de formatura é, para a empresa, um protótipo que pode vir a embasar a criação de um sistema de programação da produção da litografia. Até o momento, pouco foi feito com relação à implantação do sistema desenvolvido. Assim, não podemos aferir resultados concretos, para a empresa, deste trabalho.

Implantar um Trabalho de Formatura na empresa em que este foi desenvolvido não é uma tarefa fácil. A empresa em questão contrata, anualmente, alguns estagiários da escola. A função deste na empresa é, nas palavras de um dos gerentes, "*fazer o TF, colar grau e mostrar potencial*". É, porém, muito rara a implantação de um Trabalho de Formatura na empresa no ano em que este é elaborado, devido à ausência de envolvimento da empresa com o resultado do trabalho.

O autor considera muito interessante a proposta de estágio da empresa. Entretanto, a falta de integração entre o estagiário e a empresa causa os seguintes problemas:

. Desperdiçam-se oportunidades de melhoria, pois o potencial do estagiário poderia ser estimulado, canalizado para o que a empresa necessita e utilizado.

. Transmite-se, ao estagiário, uma imagem negativa da empresa porque ele se vê deslocado, desmotivado e sente que o seu esforço foi dispendido em vão.

. A empresa espera que, durante o ano, o estagiário se ambienta na empresa e a conheça em detalhes. Quanto maior for o envolvimento, mais ele aprenderá.

O autor executou o trabalho considerando que sua função era desenvolver e implantar um projeto, mas que a vontade política de utilizá-lo deveria partir de algum usuário ou cliente do trabalho, porque o sucesso de um sistema depende não só do próprio sistema, mas da estrutura que o utilizará. Assim, além de não ter havido comprometimento da empresa com o resultado do projeto, o autor não se empenhou ao máximo pela sua implementação.

Além disso, o autor desenvolveu o sistema acreditando que o acréscimo do estoque em processo da litografia era menos importante que os benefícios relacionados a atendimento de prazos e redução do tempo de *setup*, como havia afirmado o supervisor do setor de litografia. O sistema já estava pronto quando o autor soube que tinha se baseado em um falso pressuposto.

No capítulo anterior, são delineados planos para dar-se continuidade a este trabalho.

Se não for aproveitado diretamente, este sistema deverá ser utilizado como referência para o desenvolvimento de qualquer trabalho relacionado à programação da produção do setor de litografia para a empresa.

BIBLIOGRAFIA

1. Baker, K. R., Introducing to Sequencing and Scheduling, John Wiley & Sons, 1974
2. Correa, Henrique L. e Gianesi, Irineu G. N., Just in Time, MRP II e OPT: Um Enfoque Estratégico, Atlas, São Paulo, 1994.
3. Hillier, F. S. e Lieberman, G. J., Introdução a Pesquisa Operacional, Campus, 1988.
4. Jaw, J. J. et alli, "A Heuristic Algorithm for the Multi-Vehicle Advance Request Dial-a-Ride Problem with Time Windows",
5. Monma, C. L. and Potts, C. N., "Analysis of Heuristics for Preemptive Parallel Machine Scheduling with Batch Setup Times", Operations Research, vol 41, no. 5, Set-Out 1993
6. Prochno, Paulo J. L. C., Desenvolvimento de Metodologia Para Implantação de uma Estratégia de Manufatura, Trabalho de Formatura, Escola Politécnica, 1993.
7. Santoro, Miguel C., Planejamento, Programação e Controle da Produção e de Estoques, 1992 (apostila).
8. Seto, Gláucia, Aplicação de Técnicas da Qualidade para Remoção de Gargalo, Trabalho de Formatura, Escola Politécnica, 1992.

ANEXOS

ANEXO 1

Capacidade Nominal x Produção do Setor de Litografia

Para se calcular a capacidade nominal do setor de litografia, foi levantada, junto aos operadores de cada impressora e envernizadeira, a velocidade máxima com que cada máquina é capaz de operar.

A tabela abaixo nos mostra a velocidade com a qual cada máquina trabalharia se estivesse bem regulada e em boas condições, expressa em número de passadas litográficas por hora.

Lito	Vel. (pass/h)
Lito 1	4.000
Lito 2	8.000
Lito 3	2.400
Lito 4	4.000
Lito 6	5.300

Tabela A.1 - Velocidade de cada máquina do setor (elaborado pelo autor)

Esse levantamento foi realizado em abril de 1994. Portanto, esses números correspondem à configuração do setor com 2 envernizadeiras (litos 1 e 6), 2 impressoras monocores (litos 3 e 4) e 1 bicolor (lito2).

Para se efetuar o cálculo da capacidade, tomamos como base o mês de abril de 1994. Os 19 dias de semana (com 24 horas úteis cada um) e os 5 sábados (com 11,5 horas úteis cada um) correspondem a 513,5 horas úteis. Multiplicando-se esse número pela quantidade de chapas que podem ser litografadas, em uma hora, pelo setor, chegamos a:

$$\text{Capacidade Nominal} = 12.170 \times 1000 \text{ passadas litográficas}$$

Esse número não é alcançado por diversos motivos, tais como:

- Dentre todos os equipamentos, apenas a Lito 6 costuma operar com sua velocidade máxima. As outras máquinas são antigas e carecem de reformas, regulagens ou manutenção.
- Muito tempo é perdido com paradas para *setup* e com paradas não-programadas.

- Há, ainda, produção sem qualidade e retrabalhos, que consomem capacidade adicional do setor.

A tabela a seguir mostra a produção do setor de litografia em 1993:

Tabela A.2 - Produção da Litografia em 1993 (1000 passadas) (elaborado pelo autor)					
JAN	3.620	MAI	6.257	SET	5.628
FEV	3.521	JUN	4.897	OUT	5.354
MAR	5.333	JUL	5.337	NOV	3.136
ABR	5.601	AGO	5.760	DEZ	4.084

Média : 4.877 x 1000 passadas litográficas.

Desvio padrão : 979 x 1000 passadas litográficas.

Utilização da capacidade nominal : $4.877 / 12.170 = 40 \%$

Posto que houve subcontratação de serviço de litografia durante todo o ano passado, podemos concluir que o setor de litografia tem sido capaz de produzir, em média, cerca de 40 % de sua capacidade nominal.

ANEXO 2**Custo de Litografia**

Os custos de impressão são diferentes do custo de envernizamento: Neste caso, não são necessários fotolitos, chapas e o tempo de *setup* é menor, mas a quantidade de material aplicada e, conseqüentemente, o custo dos insumos são maiores.

Os cálculos a seguir referem-se ao custo de litografia de 1.000 passadas médias de um rótulo que requer 4 passadas litográficas (uma de verniz, uma de esmalte e duas de impressão).

Custo do serviço de litografia subcontratado : US\$ 94, por 1.000 passadas.

Tabela A.3 - Custo interno de Litografia (elaborado pelo autor)	
Mão de obra	23,07
Material	28,53
Custos indiretos*:	20,64
Total	72,27

*Estimados pelo Gerente de Custos.

Um acréscimo na produção da litografia, sem a realização de investimentos em máquinas ou mão de obra, decorrente da redução de tempo perdido com equipamento parado, custaria :

Tabela A.4 - Acréscimo no custo do setor (elaborado pelo autor)	
Material	28,53
Custos indiretos*:	10,32
Total	38,85

*Estimados pelo Gerente de Custos. Neste caso, não incidiriam custos de depreciação de equipamento e mão de obra, mas os gastos com energia, por exemplo, continuariam existindo.

ANEXO 3

Representação de variáveis relacionadas a datas por números reais

Para comparar e trabalhar com valores relacionados ao tempo (prazos, EPTs, LPTs e APTs), foi criado um arquivo que relaciona os dias no formato usual (dia/mês/ano) a um número real.

CALENDÁRIO	Exemplo
Dia	22/09/94
Dia Real	1442,5
Desconto	0

Tabela A.5 - Arquivo CALENDÁRIO (elaborado pelo autor)

O número Dia Real corresponde às 6:00 do dia Dia, pois considera-se que o dia começa às 6 horas.

Geralmente, a litografia trabalha durante 24 horas por dia nos dias úteis (das 6:00 às 6:00 do dia seguinte), durante 11,5 horas nos sábados (das 6:00 às 17:30) e não trabalha no domingo. Essa informação fica armazenada no campo Desconto, de forma que nos dias úteis, seu valor deve ser 0; aos sábados, seu valor deve ser 12,5, se não forem programadas horas extras; e aos domingos e feriados, seu valor deve ser 24 (ou seja, o valor do campo Desconto é igual a 24 - n° de horas trabalhadas).

O valor do campo Dia Real é calculado da seguinte forma:

$$\text{Dia Real (i)} = \text{Dia Real (i-1)} + 24 - \text{Desconto (i-1)}$$

Exemplo:

	Dia	Dia Real
DOM	18/09/94	1350,5
SEG	19/09/94	1350,5
TER	20/09/94	1374,5
QUA	21/09/94	1398,5
QUI	22/09/94	1422,5
SEX	23/09/94	1446,5
SAB	24/09/94	1470,5
DOM	25/09/94	1482,0

Tabela A.6 - Exemplo de números reais que representam datas

O número real correspondente a ao dia D às H horas é calculado da seguinte forma:

$$n^{\circ} \text{ Real} = \text{Dia Real (D)} + H - 6$$

Exemplo:

O n° real correspondente às 11:30 do dia 20/09/94 é igual a:

$$n^{\circ} \text{ Real} = 1374,5 + 11,5 - 6 = 1380,0$$

OBS: Se a hora H estiver entre 0:00 e 6:00, deve ser somado 24 ao n° Real, por se considerar que um dia começa às 6:00 e termina às 6:00 do dia seguinte.

ANEXO 4

LISTAGEM DOS PROGRAMAS

Programa.prg - base do programa de sequenciação

```
close all
set safety off
set talk off
set procedure to sequen
do ordemplt

* inicializando valores
store 0 to o1,o2,o3,o4,o6,o7
store 3000 to v1
store 3500 to v2
store 2400 to v3
store 4000 to v4
store 4600 to v6
store 4600 to v7
store 1400 to fardo
store 0.5 to delta

select 8
use calend
clear
store date()+1 to daybegin
store " " to lc1,lc2,lc3,lc4,lc6,lc7
store " " to m22,m24,mc1,mc2,mc3,mc4,mc6,mc7
store " " to cc6,cc7
@3,5 say "Data para a programacao : " get daybegin picture "@E"
read
@2,5 say "Dados da ultima operacao antes desta programacao"
@3,5 say "Tecle N em lata para comecar sem preparacao"
@5,5 say "Maquina 1"
@7,5 say "Lata : " get lc1 picture "!!!!!"
@9,5 say "Material Aplicado : " get mc1 picture "!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!"
read
@5,5 say "Maquina 2"
@7,5 say "Lata : " get lc2 picture "!!!!!"
@9,5 say "Material Aplicado : " get mc2 picture "!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!"
@11,21 say "e : " get m22 picture "!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!"
read
@5,5 say "Maquina 3"
@7,5 say "Lata : " get lc3 picture "!!!!!"
@9,5 say "Material Aplicado : " get mc3 picture "!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!"
@11,21 say " "
```

```
read
@5,5 say "Maquina 4"
@7,5 say "Lata : " get lc4 picture "!!!!!"
@9,5 say "Material Aplicado : " get mc4 picture "!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!"
@11,21 say "e : " get m24 picture "!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!"
read
@5,5 say "Maquina 6"
@7,5 say "Lata : " get lc6 picture "!!!!!"
@9,15 say "
"
@9,5 say "Componente : " get cc6 picture "!"
@11,5 say "Material Aplicado : " get mc6 picture "!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!"
read
@5,5 say "Maquina 7"
@7,5 say "Lata : " get lc7 picture "!!!!!"
@9,5 say "Componente : " get cc7 picture "!"
@11,5 say "Material Aplicado : " get mc7 picture "!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!"
read
locate for dia=daybegin
store diareal to tt1
store diareal to tt2
store diareal to tt3
store diareal to tt4
store diareal to tt6
store diareal to tt7
store tt1 to actual
store 24 to horiz
@14,5 say "Quantas horas de programacao ?" get horiz picture "99"
read
store diareal+horiz to ttfim
store 0 to decisao
select 1
use opmaq1
select 2
use opmaq2
select 3
use opmaq3
select 4
use opmaq4
select 5
use chosen
zap
select 6
use opmaq6
select 7
use opmaq7
do while actual<ttfim
* escolhe a maquina a ser programada
```

```
store tt6 to menor
store 6 to men
if tt7<menor
  menor=tt7
  men=7
endif
if tt2<menor
  menor=tt2
  men=2
endif
if tt4<menor
  menor=tt4
  men=4
endif
if tt1<menor
  menor=tt1
  men=1
endif
if tt3<menor
  menor=tt3
  men=3
endif
apt=menor
* Chama o procedimento de sequenciacao escolhido
clear
clear gets
select 8
go top
locate for diareal>menor
skip -1
store dia to apdata
store menor-diareal to aphora
@2,4 say "Maquina "
@2,13 say men
@4,4 say "Dia : "
@4,10 say apdata
store int(aphora)+6 to aphaour
store int(mod(aphora,1)*60) to apminute
if aphaour>=24
  aphaour=aphaour-24
  apdata=apdata+1
endif
@4,26 say apminute
@4,23 say aphaour
@4,24 say "Hora :"
@4,33 say ":"
@7,4 say "Escolha da proxima operacao :"
```

```
@9,4 say "(1) Manual "  
@11,4 say "(2) Pelo Computador"  
@13,7 say "(1 ou 2) "get decisao picture "9"  
read  
do case  
  case men=1  
    o1=o1+1  
    select 1  
    if decisao=2  
      do seq1  
    endif  
    if decisao=1  
      do manual  
    endif  
  case men=2  
    o2=o2+1  
    select 2  
    if decisao=2  
      do seq2  
    endif  
    if decisao=1  
      do manual  
    endif  
  case men=3  
    o3=o3+1  
    select 3  
    if decisao=2  
      do seq3  
    endif  
    if decisao=1  
      do manual  
    endif  
  case men=4  
    o4=o4+1  
    select 4  
    if decisao=2  
      do seq4  
    endif  
    if decisao=1  
      do manual  
    endif  
  case men=6  
    o6=o6+1  
    select 6  
    if decisao=2  
      do seq6  
    endif
```

```
    if decisao=1
        do manual
    endif
case men=7
    o7=o7+1
    select 7
    if decisao=2
        do seq7
    endif
    if decisao=1
        do manual
    endif
endcase
enddo
do output
return
□
```

Sequen.prg - procedimentos do programa de sequenciação

```
procedure ordemplt
* pega as operacoes do DBF operacoes e as coloca
* nos DBF ordem1c a ordem7c, ordenados pelo LPT
select 1
use ordem1c
select 2
use ordem2c
select 3
use ordem3c
select 4
use ordem4c
select 5
use operacoes
select 6
use ordem6c
select 7
use ordem7c

* pega os dados do operacoes.DBF e os coloca
* nos ordem1c.DBF.....ordem7c.DBF
select 5
go top
do while .not.eof()
    store rotulo to rtl
    store lata to lt
    store qtd to qntdd
    store material to mtrl
```

store material2 to mtrl2
store ref to rfrnc
store ept to erlst
store lpt to ltst
store tempo to tmp
store compnt to cmpnnt

do case

case maq=1

select 1

insert blank

replace rotulo with rtl

replace lata with lt

replace qtd with qntdd

replace material with mtrl

replace ref with rfrnc

replace ept with erlst

replace lpt with ltst

replace tempo with tmp

case maq=2

select 2

insert blank

replace rotulo with rtl

replace lata with lt

replace qtd with qntdd

replace material with mtrl

replace material2 with mtrl2

replace ref with rfrnc

replace ept with erlst

replace lpt with ltst

replace tempo with tmp

case maq=3

select 3

insert blank

replace rotulo with rtl

replace lata with lt

replace qtd with qntdd

replace material with mtrl

replace ref with rfrnc

replace ept with erlst

replace lpt with ltst

replace tempo with tmp

case maq=4

select 4

insert blank

replace rotulo with rtl

replace lata with lt

```
replace qtd with qntdd
replace material with mtrl
replace material2 with mtrl2
replace ref with rfrnc
replace ept with erlst
replace lpt with ltst
replace tempo with tmp
case maq=6
select 6
insert blank
replace rotulo with rtl
replace lata with lt
replace qtd with qntdd
replace material with mtrl
replace ref with rfrnc
replace ept with erlst
replace lpt with ltst
replace tempo with tmp
replace compnt with cmpnnt
case maq=7
select 7
insert blank
replace rotulo with rtl
replace lata with lt
replace qtd with qntdd
replace material with mtrl
replace ref with rfrnc
replace ept with erlst
replace lpt with ltst
replace tempo with tmp
replace compnt with cmpnnt
endcase
select 5
skip
enddo

* ordena os opmaq1.DBF a opmaq7.DBF pelo LPT
select 1
sort on lpt,tempo,ref to opmaq1
delete all
pack
select 2
sort on lpt,tempo,ref to opmaq2
delete all
pack
select 3
sort on lpt,tempo,ref to opmaq3
```

```
delete all
pack
select 4
sort on lpt,tempo,ref to opmaq4
delete all
pack
select 6
sort on lpt,tempo,ref to opmaq6
delete all
pack
select 7
sort on lpt,tempo,ref to opmaq7
delete all
pack
return
```

```
procedure seq1 * sequenciacao -> maquina 1
* verifica que operacoes podem ser executadas, pelo LPT e EPT
* calcula folgas
store 2 to tsetupmax
store 1 to tmin
go top
store tt1 to ct
do while .not.eof()
  replace folga with lpt-ct
  store tempo+tsetupmax+ct to ct
  store folga to fant
  skip
  if fant<tmin
    exit
  endif
enddo
store recno()-1 to x
* seleciona as operacoes pelas folgas
store .T. to nenhum
go top
if ept<=tt1
  replace aprov with .T.
  store .F. to nenhum
else
  replace aprov with .F.
endif
store folga to f
do while recno()<=x.and..not.eof()
  if folga<f
    store folga to f
```

```
endif
skip
if tempo<=f.and.ept<=tt1
    replace aprov with .T.
    store .F. to nenhum
else
    replace aprov with .F.
endif
enddo
if nenhum
    go top
    locate for ept<=tt1
    replace aprov with .T.
endif

* seleciona a operacao
* primeira regra
store .F. to achou
go top
store 0.5 to setup
locate for material=mc1.and.lata=lc1.and.aprov
if recno()<=x
    y=recno()
    store .T. to achou
endif

* segunda regra
if .not.achou
    go top
    store 0.7 to setup
    locate for material=mc1.and.aprov
    if recno()<=x
        y=recno()
        store .T. to achou
    endif
endif

* terceira regra
if .not.achou
    go top
    store 1 to setup
    locate for lata=lc1.and.aprov
    if recno()<=x
        y=recno()
        store .T. to achou
    endif
endif
```

* Se nao achou nada:

```
if .not.achou
  go top
  store 1.5 to setup
  locate for ept<=tt1
  if found()
    y=recno()
    store .T. to achou
  endif
endif
if .not.achou
  return
endif
if lc1="N"
  store 0 to setup
endif
goto y
do maq1
```

```
procedure maq1
store lata to lc
store lata to lc1
store tempo to tc
store rotulo to rc
store rotulo to rc1
store material to mc
store "      " to m2
store material to mc1
store qtd to qc
store ref to refc
store ol to oc
store tt1 to actual
store tt1+tc+setup to tt1
delete
pack
```

* Altera o EPT da proxima operacao deste servico

```
if mod (refc,10)<>0
  select 1
  locate for ref=refc-1
  if found()
    replace ept with 0
  endif
if .not.found()
  select 2
  locate for ref=refc-1
```

```
    if found()
        store tempo to tdaprox
        replace ept with  $tt1 + fardo/v2 - tdaprox + delta$ 
    endif
endif
if.not.found()
    select 4
    locate for ref=refc-1
    if found()
        store tempo to tdaprox
        replace ept with  $tt1 + fardo/v4 - tdaprox + delta$ 
    endif
endif
if.not.found()
    select 3
    locate for ref=refc-1
    if found()
        replace ept with  $tt1 + fardo/v1 + delta - tc$ 
    endif
endif
if.not.found()
    select 6
    locate for ref=refc-1
    if found()
        store tempo to tdaprox
        replace ept with  $tt1 + fardo/v6 - tdaprox + delta$ 
    endif
endif
if.not.found()
    select 7
    locate for ref=refc-1
    if found()
        store tempo to tdaprox
        replace ept with  $tt1 + fardo/v7 - tdaprox + delta$ 
    endif
endif
endif
select 1
go top
if eof()
    store 9999 to tt1
endif
do alocação
return
```

procedure seq2 * sequenciacao -> maquina 2

* verifica que operacoes podem ser executadas, pelo LPT e EPT

```
* calcula folgas
store 2.0 to tsetupmax
store 1.0 to tmin
go top
store tt2 to ct
do while .not.eof()
  replace folga with lpt-ct
  store tempo+tsetupmax+ct to ct
  store folga to fant
  skip
  if fant<tmin
    exit
  endif
enddo
store recno()-1 to x
* seleciona as operacoes pelas folgas
go top
store .T. to nenhum
if ept<=tt2
  replace aprov with .T.
  store .F. to nenhum
else
  replace aprov with .F.
endif
store folga to f
do while recno()<=x.and..not.eof()
  if folga<f
    store folga to f
  endif
  skip
  if tempo<=f.and.ept<=tt2
    replace aprov with .T.
    store .F. to nenhum
  else
    replace aprov with .F.
  endif
enddo
if nenhum
  go top
  locate for ept<=tt2
  replace aprov with .T.
endif

* seleciona a operacao
* primeira regra
store .F. to achou
go top
```

```
store 0.5 to setup
locate for material=mc2.and.material2=m22.and.lata=lc2.and.aprov
if recno()>x
  locate for material=m22.and.material2=mc2.and.lata=lc2.and.aprov
endif
if recno()<=x
  y=recno()
  store .T. to achou
endif
```

* segunda regra

```
if .not.achou
  go top
  store 0.8 to setup
  locate for lata=lc2.and.(material=mc2.or.material2=m22).and.aprov
  if recno()>x
    locate for lata=lc2.and.(material=m22.or.material2=mc2).and.aprov
  endif
  if recno()<=x
    y=recno()
    store .T. to achou
  endif
endif
```

* terceira regra

```
if .not.achou
  go top
  store 0.9 to setup
  locate for material=mc2.and.material2=m22.and.aprov
  if recno()>x
    locate for material=m22.and.material2=mc2.and.aprov
  endif
  if recno()<=x
    y=recno()
    store .T. to achou
  endif
endif
```

* Se nao achou nada:

```
if .not.achou
  go top
  store 1.5 to setup
  locate for ept<=tt2
  if found()
    y=recno()
    store .T. to achou
  endif
```

```
endif
if .not.achou
  return
endif
if lc2="N"
  store 0 to setup
endif
goto y
do maq2
```

```
procedure maq2
store lata to lc
store lata to lc2
store tempo to tc
store rotulo to rc
store rotulo to rc2
store material to mc
store material2 to m2
store material to mc2
store material2 to m22
store qtd to qc
store ref to refc
store o2 to oc
store tt2 to actual
store tt2+tc+setup to tt2
delete
pack
```

* Altera o EPT da proxima operacao deste servico

```
if mod (refc,10)<>0
  select 2
  locate for ref=refc-1
  if found()
    replace ept with 0
  endif
if.not.found()
  select 1
  locate for ref=refc-1
  if found()
    replace ept with tt2+fardo/v2+delta-tc
  endif
endif
if.not.found()
  select 4
  locate for ref=refc-1
  if found()
    store tempo to tdaprox
```

```
    replace ept with tt2+fardo/v4-tdaprox+delta
  endif
endif
if.not.found()
  select 3
  locate for ref=refc-1
  if found()
    replace ept with tt2+fardo/v2+delta-tc
  endif
endif
if.not.found()
  select 6
  locate for ref=refc-1
  if found()
    store tempo to tdaprox
    replace ept with tt2+fardo/v6-tdaprox+delta
  endif
endif
if.not.found()
  select 7
  locate for ref=refc-1
  if found()
    store tempo to tdaprox
    replace ept with tt2+fardo/v7-tdaprox+delta
  endif
endif
endif
select 2
go top
if eof()
  store 9999 to tt2
endif
do alocacao
return

procedure seq3  * sequenciacao -> maquina 3
* verifica que operacoes podem ser executadas, pelo LPT e EPT
* calcula folgas
store 2.0 to tsetupmax
store 1.0 to tmin
go top
store tt3 to ct
do while .not.eof()
  replace folga with lpt-ct
  store tempo+tsetupmax+ct to ct
  store folga to fant
  skip
```

```
    if fant<tmin
        exit
    endif
enddo
store recno()-1 to x
* seleciona as operacoes pelas folgas
go top
store .T. to nenhum
if ept<=tt3
    replace aprov with .T.
    store .F. to nenhum
else
    replace aprov with .F.
endif
store folga to f
do while recno()<=x.and..not.eof()
    if folga<f
        store folga to f
    endif
    skip
    if tempo<=f.and.ept<=tt3
        replace aprov with .T.
        store .F. to nenhum
    else
        replace aprov with .F.
    endif
enddo
if nenhum
    go top
    locate for ept<=tt3
    replace aprov with .T.
endif

* seleciona a operacao
* primeira regra
store .F. to achou
go top
store 0.6 to setup
locate for material=mc3.and.lata=lc3.and.aprov
if recno()<=x
    y=recno()
    store .T. to achou
endif

* segunda regra
if .not.achou
    go top
```

```
store 0.8 to setup
locate for material=mc3.and.aprov
if recno()<=x
  y=recno()
  store .T. to achou
endif
endif
```

```
* terceira regra
if .not.achou
  go top
  store 1.2 to setup
  locate for lata=lc3.and.aprov
  if recno()<=x
    y=recno()
    store .T. to achou
  endif
endif
```

```
* Se nao achou nada:
if .not.achou
  go top
  store 1.5 to setup
  locate for ept<=tt3
  if found()
    y=recno()
    store .T. to achou
  endif
endif
if .not.achou
  return
endif
if lc3="N"
  store 0 to setup
endif
goto y
do maq3
```

```
procedure maq3
store lata to lc
store lata to lc3
store tempo to tc
store rotulo to rc
store rotulo to rc3
store material to mc
store " " to m2
store material to mc3
```

```
store qtd to qc
store ref to refc
store o3 to oc
store tt3 to actual
store tt3+tc+setup to tt3
delete
pack
```

* Altera o EPT da proxima operacao deste servico

```
if mod (refc,10)<>0
  select 3
  locate for ref=refc-1
  if found()
    replace ept with 0
  endif
if.not.found()
  select 2
  locate for ref=refc-1
  if found()
    store tempo to tdaprox
    replace ept with tt3+fardo/v2-tdaprox+delta
    * set o novo ept p/ rap
  endif
endif
if.not.found()
  select 4
  locate for ref=refc-1
  if found()
    store tempo to tdaprox
    replace ept with tt3+fardo/v4-tdaprox+delta
  endif
endif
if.not.found()
  select 1
  locate for ref=refc-1
  if found()
    store tempo to tdaprox
    replace ept with tt3+fardo/v1-tdaprox+delta
  endif
endif
if.not.found()
  select 6
  locate for ref=refc-1
  if found()
    store tempo to tdaprox
    replace ept with tt3+fardo/v6-tdaprox+delta
  endif
endif
```

```
endif
if.not.found()
  select 7
  locate for ref=refc-1
  if found()
    store tempo to tdaprox
    replace ept with tt3+fardo/v7-tdaprox+delta
  endif
endif
endif
select 3
go top
if eof()
  store 9999 to tt3
endif
do alocacao
return

procedure seq4 * sequenciacao -> maquina 4
* verifica que operacoes podem ser executadas, pelo LPT e EPT
* calcula folgas
store 2.0 to tsetupmax
store 1.0 to tmin
go top
store tt4 to ct
do while .not.eof()
  replace folga with lpt-ct
  store tempo+tsetupmax+ct to ct
  store folga to fant
  skip
  if fant<tmin
    exit
  endif
enddo
store recno()-1 to x
* seleciona as operacoes pelas folgas
go top
store .T. to nenhum
if ept<=tt4
  replace aprov with .T.
  store .F. to nenhum
else
  replace aprov with .F.
endif
store folga to f
do while recno()<=x.and..not.eof()
  if folga<f
```

```
    store folga to f
  endif
  skip
  if tempo<=f.and.ept<=tt4
    replace aprov with .T.
    store .F. to nenhum
  else
    replace aprov with .F.
  endif
enddo
if nenhum
  go top
  locate for ept<=tt4
  replace aprov with .T.
endif

* seleciona a operacao
* primeira regra
store .F. to achou
go top
store 0.6 to setup
locate for material=mc4.and.material2=m24.and.lata=lc4.and.aprov
if recno()>x
  locate for material=m24.and.material2=mc4.and.lata=lc4.and.aprov
endif
if recno()<=x
  y=recno()
  store .T. to achou
endif

* segunda regra
if .not.achou
  go top
  store 0.8 to setup
  locate for lata=lc4.and.(material=mc4.or.material2=m24).and.aprov
  if recno()>x
    locate for lata=lc4.and.(material=m24.or.material2=mc4).and.aprov
  endif
  if recno()<=x
    y=recno()
    store .T. to achou
  endif
endif

* terceira regra
if .not.achou
  go top
```

```
store 0.9 to setup
locate for material=mc4.and.material2=m24.and.aprov
if recno()>x
  locate for material=m24.and.material2=mc4.and.aprov
endif
if recno()<=x
  y=recno()
  store .T. to achou
endif
endif
```

* Se nao achou nada:

```
if .not.achou
  go top
  store 1.5 to setup
  locate for ept<=tt4
  if found()
    y=recno()
    store .T. to achou
  endif
endif
if .not.achou
  return
endif
if lc4="N"
  store 0 to setup
endif
goto y
do maq4
```

```
procedure maq4
store lata to lc
store lata to lc4
store tempo to tc
store rotulo to rc
store rotulo to rc4
store material to mc
store material2 to m2
store material to mc4
store material2 to m24
store qtd to qc
store ref to refc
store o4 to oc
store tt4 to actual
store tt4+tc+setup to tt4
delete
pack
```

* Altera o EPT da proxima operacao deste servico

```
if mod (refc,10)<>0
  select 4
  locate for ref=refc-1
  if found()
    replace ept with 0
  endif
if.not.found()
  select 1
  locate for ref=refc-1
  if found()
    replace ept with tt4+fardo/v4+delta-tc
  endif
endif
if.not.found()
  select 2
  locate for ref=refc-1
  if found()
    replace ept with tt4+fardo/v4+delta-tc
  endif
endif
if.not.found()
  select 3
  locate for ref=refc-1
  if found()
    replace ept with tt4+fardo/v4+delta-tc
  endif
endif
if.not.found()
  select 6
  locate for ref=refc-1
  if found()
    store tempo to tdaprox
    replace ept with tt4+fardo/v6-tdaprox+delta
  endif
endif
if.not.found()
  select 7
  locate for ref=refc-1
  if found()
    store tempo to tdaprox
    replace ept with tt4+fardo/v7-tdaprox+delta
  endif
endif
endif
select 4
```

```
go top
  if eof()
    store 9999 to tt4
  endif
do alocação
return

procedure seq6 * sequenciacao -> maquina 6
* verifica que operacoes podem ser executadas, pelo LPT e EPT
* calcula folgas
store 1.5 to tsetupmax
store 1.0 to tmin
go top
store tt6 to ct
do while .not.eof()
  replace folga with lpt-ct
  store tempo+tsetupmax+ct to ct
  store folga to fant
  skip
  if fant<tmin
    exit
  endif
enddo
store recno()-1 to x
* seleciona as operacoes pelas folgas
go top
store .T. to nenhum
if ept<=tt6
  replace aprov with .T.
  store .F. to nenhum
else
  replace aprov with .F.
endif
store folga to f
do while recno()<=x.and..not.eof()
  if folga<f
    store folga to f
  endif
  skip
  if tempo<=f.and.ept<=tt6
    replace aprov with .T.
    store .F. to nenhum
  else
    replace aprov with .F.
  endif
enddo
if nenhum
```

```
go top
locate for ept<=tt6
  replace aprov with .T.
endif
```

```
* seleciona a operacao
* primeira regra
store .F. to achou
go top
store 0.1 to setup
locate for material=mc6.and.compnt=cc6.and.aprov
if recno()<=x
  y=recno()
  store .T. to achou
endif
```

```
* segunda regra
if .not.achou
  go top
  store 0.2 to setup
  locate for material=mc6.and.aprov
  if recno()<=x
    y=recno()
    store .T. to achou
  endif
endif
```

```
* terceira regra
if .not.achou
  go top
  store 0.5 to setup
  locate for material=substr(mc6,1,6).and.aprov
  if recno()<=x
    y=recno()
    store .T. to achou
  endif
endif
```

```
* quarta regra
if .not.achou
  go top
  store 0.8 to setup
  locate for lata=lc6.and.compnt=cc6.and.aprov
  if recno()<=x
    y=recno()
    store .T. to achou
  endif
endif
```

endif

* Se nao achou nada:

if .not.achou

go top

store 1.0 to setup

locate for ept<=tt6

if found()

y=recno()

store .T. to achou

endif

endif

if .not.achou

return

endif

if lc6="N"

store 0 to setup

endif

goto y

do maq6

procedure maq6

store lata to lc

store lata to lc6

store tempo to tc

store material to mc

store " " to m2

store material to mc6

if compnt="C"

store rotulo to rc

else

store compnt to rc

endif

store compnt to cc6

store qtd to qc

store ref to refc

store o6 to oc

store tt6 to actual

store tt6+tc+setup to tt6

delete

pack

* Altera o EPT da proxima operacao deste servico

if mod (refc,10)<>0

select 6

locate for ref=refc-1

if found()

```
    replace ept with 0
  endif
if.not.found()
  select 7
  locate for ref=refc-1
  if found()
    store tempo to tdaprox
    replace ept with tt6+fardo/v7-tdaprox+delta
  endif
endif
if.not.found()
  select 2
  locate for ref=refc-1
  if found()
    replace ept with tt6+fardo/v6+delta-tc
  endif
endif
if.not.found()
  select 4
  locate for ref=refc-1
  if found()
    replace ept with tt6+fardo/v6+delta-tc
  endif
endif
if.not.found()
  select 1
  locate for ref=refc-1
  if found()
    replace ept with tt6+fardo/v6+delta-tc
  endif
endif
if.not.found()
  select 3
  locate for ref=refc-1
  if found()
    replace ept with tt6+fardo/v6+delta-tc
  endif
endif
select 6
go top
if eof()
  store 9999 to tt6
endif
do alocacao
return
```

```
procedure seq7 * sequenciacao -> maquina 7
* verifica que operacoes podem ser executadas, pelo LPT e EPT
* calcula folgas
store 1 to tsetupmax
store 1 to tmin
go top
store tt7 to ct
do while .not.eof()
  replace folga with lpt-ct
  store tempo+tsetupmax+ct to ct
  store folga to fant
  skip
  if fant<tmin
    exit
  endif
enddo
store recno()-1 to x
* seleciona as operacoes pelas folgas
go top
store .T. to nenhum
if ept<=tt7
  replace aprov with .T.
  store .F. to nenhum
else
  replace aprov with .F.
endif
store folga to f
do while recno()<=x.and..not.eof()
  if folga<f
    store folga to f
  endif
  skip
  if tempo<=f.and.ept<=tt7
    replace aprov with .T.
    store .F. to nenhum
  else
    replace aprov with .F.
  endif
enddo
if nenhum
  go top
  locate for ept<=tt7
  replace aprov with .T.
endif

* seleciona a operacao
```

```
* primeira regra
store .F. to achou
go top
store 0.1 to setup
locate for material=mc7.and.compnt=cc7.and.aprov
if recno()<=x
    y=recno()
    store .T. to achou
endif
```

```
* segunda regra
if .not.achou
    go top
    store 0.2 to setup
    locate for material=mc7.and.aprov
    if recno()<=x
        y=recno()
        store .T. to achou
    endif
endif
```

```
* terceira regra
if .not.achou
    go top
    store 0.5 to setup
    locate for material=substr(mc7,1,6).and.aprov
    if recno()<=x
        y=recno()
        store .T. to achou
    endif
endif
```

```
* quarta regra
if .not.achou
    go top
    store 0.8 to setup
    locate for lata=lc7.and.compnt=cc7.and.aprov
    if recno()<=x
        y=recno()
        store .T. to achou
    endif
endif
```

```
* Se nao achou nada:
if .not.achou
    go top
    store 1 to setup
```

```
locate for ept<=tt7
  if found()
    y=recno()
    store .T. to achou
  endif
endif
if .not.achou
  return
endif
if lc7="N"
  store 0 to setup
endif
goto y
do maq7
```

```
procedure maq7
store lata to lc
store lata to lc7
store tempo to tc
store material to mc
store "      " to m2
store material to mc7
if compnt="C"
  store rotulo to rc
else
  store compnt to rc
endif
store compnt to cc7
store qtd to qc
store ref to refc
store o7 to oc
store tt7 to actual
store tt7+tc+setup to tt7
delete
pack
```

* Altera o EPT da proxima operacao deste servico

```
if mod (refc,10)<>0
  select 6
  locate for ref=refc-1
  if found()
    replace ept with tt7+fardo/v7+delta-tc
  endif
if .not.found()
  select 7
  locate for ref=refc-1
  if found()
```

```

    replace ept with 0
  endif
endif
if.not.found()
  select 2
  locate for ref=refc-1
  if found()
    replace ept with tt7+fardo/v7+delta-tc
  endif
endif
if.not.found()
  select 4
  locate for ref=refc-1
  if found()
    replace ept with tt7+fardo/v7+delta-tc
  endif
endif
if.not.found()
  select 1
  locate for ref=refc-1
  if found()
    replace ept with tt7+fardo/v7+delta-tc
  endif
endif
if.not.found()
  select 3
  locate for ref=refc-1
  if found()
    replace ept with tt7+fardo/v7+delta-tc
  endif
endif
endif
select 7
go top
if eof()
  store 9999 to tt7
endif
do alocacao
return

```

procedure manual

* Sequenciacao Manual : o operador escolhe a operacao

store " " to incluir

clear

store 00000 to refman

@3,2 say "Tecle 0 para reservar tempo da maquina"

@5,2 say "Numero de Referencia da operacao selecionada "get refman

```
read
if refman=0
* Reservar tempo de maquina
store " " to lc
store " " to mc,rc,m2
store 0 to qc
store 0 to refc
store 0 to setup
store 00000 to tc
@7,2 say "Tempo parado : " get tc
read
do case
case men=1
store o1 to oc
store tt1 to actual
store tt1+tc to tt1
store "N" to lc1
store " " to mc1
case men=2
store o2 to oc
store tt2 to actual
store tt2+tc to tt2
store "N" to lc2
store " " to mc2,m22
case men=3
store o3 to oc
store tt3 to actual
store tt3+tc to tt3
store "N" to lc3
store " " to mc3
case men=4
store o4 to oc
store tt4 to actual
store tt4+tc to tt4
store "N" to lc4
store " " to mc4,m24
case men=6
store o6 to oc
store " " to cc6
store tt6 to actual
store tt6+tc to tt6
store "N" to lc6
store " " to mc6
case men=7
store o7 to oc
store " " to cc7
store tt7 to actual
```

```

    store tt7+tc to tt7
    store "N" to lc7
    store "      " to mc7
endcase
do alocacao
else

    locate for ref=refman
*   Alocar a operacao escolhida pelo operador
    if found().and.ept<=menor
        y=recno()
*   Mostra o servico e pede confirmacao de sua inclusao
        clear
        do case
            case upper(compnt)="F"
                @5,2 say "Fundo"
            case upper(compnt)="A"
                @5,2 say "Anel"
            case upper(compnt)="T"
                @5,2 say "Tampa"
            otherwise
                @5,2 say "Rotulo : "
                @5,11 say rotulo
        endcase
        @7,2 say "Lata : "
        @7,9 say lata
        @9,2 say "Material Aplicado : "
        @9,29 say material
        if men=2.or.men=4
            @11,26 say "e"
            @11,29 say material2
        endif
        @13,2 say "Maquina : "
        @13,12 say men
        @15,2 say "Quantidade : "
        @15,15 say qtd
        @18,2 say "Incluir este servico ? (S/N) " get incluir picture "!"
    read
    if incluir="S"
        do case
            case men=1
                store 2 to setup
                do maq1
            case men=2
                store 2 to setup
                do maq2
            case men=3

```

```
    store 2 to setup
    do maq3
case men=4
    store 2 to setup
    do maq4
case men=6
    store 1.2 to setup
    do maq6
case men=7
    store 1.2 to setup
    do maq7
endcase
endif
endif
endif
return
```

* coloca as operacoes selecionadas no DBF chosen

```
procedure alocacao
select 5
insert blank
replace maq with men
replace rotulo with rc
replace material2 with m2
replace material with mc
replace qtd with qc
replace tset with setup
replace ref with refc
replace lata with lc
replace ordem with oc
replace tempo with tc
replace apt with actual
```

* Display os dados na tela

```
clear
@2,2 say "Maquina "
@2,9 say men
@4,2 say "Ref "
@4,5 say refc
@4,18 say "Ordem "
@4,23 say oc
@6,2 say "Rotulo "
@6,10 say rc
@6,28 say "Lata "
@6,34 say lc
@8,2 say "Material Aplicado "
@8,20 say mc
```

```
if men=2.or.men=4
  @9,17 say "e"
  @9,20 say m2
endif
@11,2 say "Quantidade "
@11,14 say qc
@13,2 say "Tempo de setup "
@13,17 say setup
@13,30 say "horas"
@15,2 say "Data da operacao "
@15,19 say apdata
@17,14 say apminute
@17,11 say aphour
@17,2 say "Hora da operacao "
@17,21 say ":"
@19,2 say "Duracao da operacao :"
@19,23 say tc
wait
return

procedure output
* saida de dados
store 00 to hiprep,miprep,hfprep,mfprep,hftrab,mftrab
clear
store " " to saida
@4,4 say "Voce quer imprimir a programacao (S/N) ? " get saida picture "!"
read
if saida="S"
  set device to printer
  set printer on
endif
store 1 to m
do while m<8
  clear
  @1,16 say m
  @1,3 say "Programacao da Lito "
  select 8
  locate for dia=daybegin
  store dia to ddd
  @1,41 say "Data : "
  @1,48 say ddd
  @3,1 say "Servico"
  @3,19 say "Lata"
  @3,26 say "Quant"
  @3,34 say "Inicio"
  @3,41 say "Fim"
  @3,46 say "Origem"
```

```
@3,55 say "Material Aplicado"
@3,74 say "Ref"
linha=4
go top
store .T. to firstime
do while.not.eof()
  select 5
  if firstime
    locate for maq=m
    store .F. to firstime
  else
    cont
  endif
  if.not.found()
    exit
  endif
* impressao dos dados da preparacao
store tset to tsreal
if tsreal<>0
  linha=linha+1
  @linha,1 say "Preparacao"
endif
store apt to ttt
select 8
locate for diareal>ttt
skip -1
store int(ttt-diareal)+6 to hiprep
store int(mod(((ttt-diareal),1)*60) to miprep
locate for diareal>ttt+tsreal
skip -1
store int(ttt+tsreal-diareal)+6 to hfprep
store int(mod(((ttt+tsreal-diareal),1)*60) to mfprep
if hiprep>24
  hiprep=hiprep-24
endif
if hfprep>24
  hfprep=hfprep-24
endif
if tsreal<>0
  @linha,36 say mfprep
  @linha,33 say hfprep
  @linha,29 say miprep
  @linha,26 say hiprep
  @linha,36 say ":"
  @linha,43 say ":"
endif
* impressao dos dados do servico
```

```
select 5
linha=linha+1
@linha,1 say rotulo
@linha,19 say lata
store ttt+tsreal+tempo to enfim
select 8
locate for diareal>enfim
skip -1
store int(enfim-diareal)+6 to hftrab
if hftrab>24
    hftrab=hftrab-24
endif
store int(mod((enfim-diareal),1)*60) to mfttab
@linha,36 say mfttab
@linha,33 say hftrab
@linha,29 say mftprep
@linha,26 say hfprep
select 5
@linha,36 say ":"
@linha,24 say qtd
@linha,43 say ":"
* aqui, ficaria a origem
@linha,56 say material
@linha,74 say ref
if m=2.OR.m=4
    linha=linha+1
    @linha,56 say material2
endif
enddo
if saida ="S"
    eject
else
    wait
endif
m=m+1
if m=5
    m=6
endif
enddo
set printer off
set device to screen
return
□
```

Entrada.prg - programa de entrada de pedidos (serviços de litografia)

close all

```
set safety off
set talk off
restore from vrvl
display memory
if refrot=9000
  store 0 to refrot
endif
```

```
select 1
use calend
select 2
use rotulos
select 3
use servicios
```

```
store "      " to rb
* entrada de dados
store "S" to continua
do while continua <> "N"
  clear
  store "      " to lb
  store "      " to rb
  store 000000 to qb
  store 00 to tb
  store date() to db
  @2,4 say "Rotulo : " get rb picture "!!!!!!!!!!!!!!"
  @4,4 say "Lata : " get lb picture "!!!!!"
  @6,4 say "Data de entrega : " get db picture "@E"
  @8,4 say "Hora de entrega : " get tb picture "99"
  @10,4 say "Quantidade : " get qb picture "999999"
  read
* transforma o prazo (data de entrega) em um numero real
  select 1
  locate for dia=db
  store diareal to prazo
  if tb<6
    tb=tb+24
  endif
  prazo=prazo+tb-6
* associa o servico a uma sequencia de operacoes
  refrot=refrot+1
  select 2
  locate for rotulo=rb.and.lata=lb
  store op1 to p1
  store op2 to p2
  store op3 to p3
  store op4 to p4
```

```
store op5 to p5
store op6 to p6
store op7 to p7
store op8 to p8
store op9 to p9
* grava os dados no DBF SERVICOS
select 3
go bottom
insert blank
replace reftrl with refrot
replace rotulo with rb
replace lata with lb
replace dataent with db
replace horaent with tb
replace qtd with qb
replace prazoreal with prazo
replace op1 with p1
replace op2 with p2
replace op3 with p3
replace op4 with p4
replace op5 with p5
replace op6 with p6
replace op7 with p7
replace op8 with p8
replace op9 with p9
```

```
@16,4 say "Mais Servicos (S/N) ?" get continua picture "!"
read
enddo
save to vrwl all like refrot
clear
store " " to imp
@5,10 say "Quer imprimir a listagem de pedidos ? " get imp picture "!"
read
if imp="S"
  go top
  set device to printer
  set printer on
  do while .not.eof()
    ? reftrl
    ?? " - "
    ?? rotulo
    ?? " - lata : "
    ?? lata
    ? "Data de entrega : "
    ?? dataent
    ?? " - as "
```

```
if horaent <= 24
    ?? horaent
else
    ?? horaent-24
endif
?? " horas"
?? " - Quantidade : "
?? qtd
if op1 <> " "
    ? "    Operacao 1 : "
    ?? op1
endif
if op2 <> " "
    ? "    Operacao 2 : "
    ?? op2
endif
if op3 <> " "
    ? "    Operacao 3 : "
    ?? op3
endif
if op4 <> " "
    ? "    Operacao 4 : "
    ?? op4
endif
if op5 <> " "
    ? "    Operacao 5 : "
    ?? op5
endif
if op6 <> " "
    ? "    Operacao 6 : "
    ?? op6
endif
if op7 <> " "
    ? "    Operacao 7 : "
    ?? op7
endif
if op8 <> " "
    ? "    Operacao 8 : "
    ?? op8
endif
if op9 <> " "
    ? "    Operacao 9 : "
    ?? op9
endif
? " "
skip
enddo
```

```
set printer off
set device to screen
endif
return□
□
```

Escolha.prg - programa de atribuição de cada operação a uma das máquinas

```
set safety off
set talk off
close all
```

```
store 3000 to v1
store 3500 to v2
store 2400 to v3
store 4000 to v4
store 4600 to v6
store 4600 to v7
store 0 to folgalpt
```

```
select 2
use servicos
select 3
use operacoes
delete all
pack
```

```
select 2
go top
do while .not.eof()
    store 0 to m1
    store 0 to m2
    store 0 to m3
    store 0 to m4
    store 0 to m5
    store 0 to m6
    store 0 to m7
    store 0 to m8
    store 0 to m9
```

* pega os dados do DBF SERVICOS

* descobre o numero de operacoes e escolhe-se a maquina p/ cd operacao

```
store reftrl to refrot
store rotulo to rb
store lata to lb
store qtd to qb
store prazoreal to prazo
```

```
store dataent to db
clear
@3,2 say "Numero de referencia do servico : "
@3,35 say reftrl
@5,2 say "Rotulo : "
@5,11 say rb
@7,2 say "Lata : "
@7,9 say lb
@9,2 say "Quantidade : "
@9,15 say qtd
@11,2 say "Data de entrega : "
@11,21 say db
@18,1 say " "
wait
clear
clear gets
store 1 to nop
store op1 to p1
@2,4 say "Maquina 12 = 2 operacoes na 2. 14 = 2 operacoes na 4"
@3,4 say "OPERACAO 1 : "
@3,16 SAY p1
@4,4 say "MAQUINA : " get m1 PICTURE "99"
store op2 to p2
if p2 <> " "
    @5,4 say "OPERACAO 2 : "
    @5,16 SAY p2
    @6,4 say "MAQUINA : " get m2 PICTURE "99"
    store 2 to nop
endif
store op3 to p3
if p3 <> " "
    @7,4 say "OPERACAO 3 : "
    @7,16 SAY p3
    @8,4 say "MAQUINA : " get m3 PICTURE "99"
    store 3 to nop
endif
store op4 to p4
if p4 <> " "
    @9,4 say "OPERACAO 4 : "
    @9,16 SAY p4
    @10,4 say "MAQUINA : " get m4 PICTURE "99"
    store 4 to nop
endif
store op5 to p5
if p5 <> " "
    @11,4 say "OPERACAO 5 : "
    @11,16 SAY p5
```

```

    @12,4 say "MAQUINA : " get m5 PICTURE "99"
    store 5 to nop
endif
store op6 to p6
if p6 <> " "
    @13,4 say "OPERACAO 6 : "p6
    @13,16 SAY p6
    @14,4 say "MAQUINA : " get m6 PICTURE "99"
    store 6 to nop
endif
store op7 to p7
if p7 <> " "
    @15,4 say "OPERACAO 7 : "
    @15,16 SAY p7
    @16,4 say "MAQUINA : " get m7 PICTURE "99"
    store 7 to nop
endif
store op8 to p8
if p8 <> " "
    @17,4 say "OPERACAO 8 : "
    @17,16 SAY p8
    @18,4 say "MAQUINA : " get m8 PICTURE "99"
    store 8 to nop
endif
store op9 to p9
if p9 <> " "
    @19,4 say "OPERACAO 9 : "
    @19,16 SAY p9
    @20,4 SAY "MAQUINA : " get m9 PICTURE "99"
    store 9 to nop
endif
read

```

* contando o numero de operacoes em bicolores

```

store 0 to nbic
if m1=12.OR.m1=14
    nbic=nbic+1
    bic1=.T.
else
    bic1=.F.
endif
if m2=12.OR.m2=14
    nbic=nbic+1
    bic2=.T.
else
    bic2=.F.
endif

```

```
if m3=12.OR.m3=14
  nbic=nbic+1
  bic3=.T.
else
  bic3=.F.
endif
if m4=12.OR.m4=14
  nbic=nbic+1
  bic4=.T.
else
  bic4=.F.
endif
if m5=12.OR.m5=14
  nbic=nbic+1
  bic5=.T.
else
  bic5=.F.
endif
if m6=12.OR.m6=14
  nbic=nbic+1
  bic6=.T.
else
  bic6=.F.
endif
if m7=12.OR.m7=14
  nbic=nbic+1
  bic7=.T.
else
  bic7=.F.
endif
if m8=12.OR.m8=14
  nbic=nbic+1
  bic8=.T.
else
  bic8=.F.
endif
```

* armazena os dados de cada operacao no DBF operacoes

```
select 3
go bottom
store refrot*10-1 to refer
```

* operacao 9

```
if nop>8.and..not.bic8
  insert blank
  replace rotulo with rb
  replace lata with lb
```

```
replace qtd with qb
replace material with p9
refer=refer+1
replace ref with refer
replace ept with 9999
do case
  case m9=1
    store qb/v1 to tmpo
    replace maq with 1
  case m9=2
    store qb/v2 to tmpo
    replace maq with 2
  case m9=3
    store qb/v3 to tmpo
    replace maq with 3
  case m9=4
    store qb/v4 to tmpo
    replace maq with 4
  case m9=6
    store qb/v6 to tmpo
    replace maq with 6
    replace compnt with "C"
  case m9=7
    store qb/v7 to tmpo
    replace maq with 7
    replace compnt with "C"
endcase
replace tempo with tmpo
store prazo-tmpo-folgalpt to prazo
replace lpt with prazo
endif
* operacao 8
if nop>7.and..not.bic7
insert blank
replace rotulo with rb
replace lata with lb
replace qtd with qb
replace material with p8
refer=refer+1
replace ref with refer
replace ept with 9999
do case
  case m8=1
    store qb/v1 to tmpo
    replace maq with 1
  case m8=2
    store qb/v2 to tmpo
```

```
    replace maq with 2
  case m8=3
    store qb/v3 to tmpo
    replace maq with 3
  case m8=4
    store qb/v4 to tmpo
    replace maq with 4
  case m8=6
    store qb/v6 to tmpo
    replace maq with 6
    replace compnt with "C"
  case m8=7
    store qb/v7 to tmpo
    replace maq with 7
    replace compnt with "C"
  case m8=12
    store qb/v2 to tmpo
    replace maq with 2
    replace material2 with p9
  case m8=14
    store qb/v4 to tmpo
    replace maq with 4
    replace material2 with p9
  endcase
  replace tempo with tmpo
  store prazo-tmpo-folgalpt to prazo
  replace lpt with prazo
endif
* operacao 7
if nop>6.and..not.bic6
  insert blank
  replace rotulo with rb
  replace lata with lb
  replace qtd with qb
  replace material with p7
  refer=refer+1
  replace ref with refer
  replace ept with 9999
do case
  case m7=1
    store qb/v1 to tmpo
    replace maq with 1
  case m7=2
    store qb/v2 to tmpo
    replace maq with 2
  case m7=3
    store qb/v3 to tmpo
```

```
    replace maq with 3
case m7=4
    store qb/v4 to tmpo
    replace maq with 4
case m7=6
    store qb/v6 to tmpo
    replace maq with 6
    replace compnt with "C"
case m7=7
    store qb/v7 to tmpo
    replace maq with 7
    replace compnt with "C"
case m7=12
    store qb/v2 to tmpo
    replace maq with 2
    replace material2 with p8
case m7=14
    store qb/v4 to tmpo
    replace maq with 4
    replace material2 with p8
endcase
replace tempo with tmpo
store prazo-tmpo-folgalpt to prazo
replace lpt with prazo
endif
* operacao 6
if nop>5.and..not.bic5
    insert blank
    replace rotulo with rb
    replace lata with lb
    replace qtd with qb
    replace material with p6
    refer=refer+1
    replace ref with refer
    replace ept with 9999
do case
case m6=1
    store qb/v1 to tmpo
    replace maq with 1
case m6=2
    store qb/v2 to tmpo
    replace maq with 2
case m6=3
    store qb/v3 to tmpo
    replace maq with 3
case m6=4
    store qb/v4 to tmpo
```

```
    replace maq with 4
  case m6=6
    store qb/v6 to tmpo
    replace maq with 6
    replace compnt with "C"
  case m6=7
    store qb/v7 to tmpo
    replace maq with 7
    replace compnt with "C"
  case m6=12
    store qb/v2 to tmpo
    replace maq with 2
    replace material2 with p7
  case m6=14
    store qb/v4 to tmpo
    replace maq with 4
    replace material2 with p7
  endcase
  replace tempo with tmpo
  store prazo-tmpo-folgalpt to prazo
  replace lpt with prazo
endif
* operacao 5
if nop>4.and..not.bic4
  insert blank
  replace rotulo with rb
  replace lata with lb
  replace qtd with qb
  replace material with p5
  refer=refer+1
  replace ref with refer
  replace ept with 9999
  do case
    case m5=1
      store qb/v1 to tmpo
      replace maq with 1
    case m5=2
      store qb/v2 to tmpo
      replace maq with 2
    case m5=3
      store qb/v3 to tmpo
      replace maq with 3
    case m5=4
      store qb/v4 to tmpo
      replace maq with 4
    case m5=6
      store qb/v6 to tmpo
```

```
    replace maq with 6
    replace compnt with "C"
case m5=7
    store qb/v7 to tmpo
    replace maq with 7
    replace compnt with "C"
case m5=12
    store qb/v2 to tmpo
    replace maq with 2
    replace material2 with p6
case m5=14
    store qb/v4 to tmpo
    replace maq with 4
    replace material2 with p6
endcase
replace tempo with tmpo
store prazo-tmpo-folgalpt to prazo
replace lpt with prazo
endif
* operacao 4
if nop>3.and..not.bic3
    insert blank
    replace rotulo with rb
    replace lata with lb
    replace qtd with qb
    replace material with p4
    refer=refer+1
    replace ref with refer
    replace ept with 9999
    do case
        case m4=1
            store qb/v1 to tmpo
            replace maq with 1
        case m4=2
            store qb/v2 to tmpo
            replace maq with 2
        case m4=3
            store qb/v3 to tmpo
            replace maq with 3
        case m4=4
            store qb/v4 to tmpo
            replace maq with 4
        case m4=6
            store qb/v6 to tmpo
            replace maq with 6
            replace compnt with "C"
        case m4=7
```

```
store qb/v7 to tmpo
replace maq with 7
replace compnt with "C"
case m4=12
store qb/v2 to tmpo
replace maq with 2
replace material2 with p5
case m4=14
store qb/v4 to tmpo
replace maq with 4
replace material2 with p5
endcase
replace tempo with tmpo
store prazo-tmpo-folgalpt to prazo
replace lpt with prazo
endif
* operacao 3
if nop>2.and..not.bic2
insert blank
replace rotulo with rb
replace lata with lb
replace qtd with qb
replace material with p3
refer=refer+1
replace ref with refer
replace ept with 9999
do case
case m3=1
store qb/v1 to tmpo
replace maq with 1
case m3=2
store qb/v2 to tmpo
replace maq with 2
case m3=3
store qb/v3 to tmpo
replace maq with 3
case m3=4
store qb/v4 to tmpo
replace maq with 4
case m3=6
store qb/v6 to tmpo
replace maq with 6
replace compnt with "C"
case m3=7
store qb/v7 to tmpo
replace maq with 7
replace compnt with "C"
```

```
case m3=12
  store qb/v2 to tmpo
  replace maq with 2
  replace material2 with p4
case m3=14
  store qb/v4 to tmpo
  replace maq with 4
  replace material2 with p4
endcase
replace tmpo with tmpo
store prazo-tmpo-folgalpt to prazo
replace lpt with prazo
endif
* operacao 2
if nop>1.and..not.bic1
  insert blank
  replace rotulo with rb
  replace lata with lb
  replace qtd with qb
  replace material with p2
  refer=refer+1
  replace ref with refer
  replace ept with 9999
do case
  case m2=1
    store qb/v1 to tmpo
    replace maq with 1
  case m2=2
    store qb/v2 to tmpo
    replace maq with 2
  case m2=3
    store qb/v3 to tmpo
    replace maq with 3
  case m2=4
    store qb/v4 to tmpo
    replace maq with 4
  case m2=6
    store qb/v6 to tmpo
    replace maq with 6
    replace compnt with "C"
  case m2=7
    store qb/v7 to tmpo
    replace maq with 7
    replace compnt with "C"
  case m2=12
    store qb/v2 to tmpo
    replace maq with 2
```

```
    replace material2 with p3
  case m2=14
    store qb/v4 to tmpo
    replace maq with 4
    replace material2 with p3
  endcase
  replace tempo with tmpo
  store prazo-tmpo-folgalpt to prazo
  replace lpt with prazo
endif
* operacao 1
  insert blank
  replace rotulo with rb
  replace lata with lb
  replace qtd with qb
  replace material with p1
  refer=refer+1
  replace ref with refer
  replace ept with 0
  do case
    case m1=1
      store qb/v1 to tmpo
      replace maq with 1
    case m1=2
      store qb/v2 to tmpo
      replace maq with 2
    case m1=3
      store qb/v3 to tmpo
      replace maq with 3
    case m1=4
      store qb/v4 to tmpo
      replace maq with 4
    case m1=6
      store qb/v6 to tmpo
      replace maq with 6
      replace compnt with "C"
    case m1=7
      store qb/v7 to tmpo
      replace maq with 7
      replace compnt with "C"
    case m1=12
      store qb/v2 to tmpo
      replace maq with 2
      replace material2 with p2
    case m1=14
      store qb/v4 to tmpo
      replace maq with 4
```

```

        replace material2 with p2
    endcase
    replace tempo with tmpo
    store prazo-tmpo-folgalpt to prazo
    replace lpt with prazo
    select 2
    skip
enddo
clear
store " " to imp
@5,10 say "Quer imprimir a listagem das operacoes ?" get imp picture "!"
read
if imp="S"
    select 3
    set device to printer
    set printer on
    list ref,rotulo,lata,material,material2,maq,qtd
    set printer off
    set device to screen
endif
return
□

```

Excluir.prg - programa de exclusão de operações já executadas

```

close all
select 1
use servicos
clear
store "S" to continua
do while continua <> "N"
    store 0 to r
    @7,4 say "Numero de referencia do servico : " get r
    read
    locate for reftrl=r
    store "S" to excluir
    do while upper(excluir)="S"
        clear
        @2,1 say " "
        ? reftrl
        ?? " - "
        ?? rotulo
        ?? " - lata : "
        ?? lata
        ? " Data de entrega : "
        ?? dataent
        ?? " - as "
    enddo
enddo

```

```
if horaent <= 24
  ?? horaent
else
  ?? horaent-24
endif
?? " horas"
?? " - Quantidade : "
?? qtd
? " "
if op1 < " "
  ? " Operacao 1 : "
  ?? op1
endif
if op2 < " "
  ? " Operacao 2 : "
  ?? op2
endif
if op3 < " "
  ? " Operacao 3 : "
  ?? op3
endif
if op4 < " "
  ? " Operacao 4 : "
  ?? op4
endif
if op5 < " "
  ? " Operacao 5 : "
  ?? op5
endif
if op6 < " "
  ? " Operacao 6 : "
  ?? op6
endif
if op7 < " "
  ? " Operacao 7 : "
  ?? op7
endif
if op8 < " "
  ? " Operacao 8 : "
  ?? op8
endif
if op9 < " "
  ? " Operacao 9 : "
  ?? op9
endif
? " "
? " "
```

```
accept "Eliminar a primeira operacao (S/N) ? " to excluir
if upper(excluir)="S"
  replace op1 with op2
  replace op2 with op3
  replace op3 with op4
  replace op4 with op5
  replace op5 with op6
  replace op6 with op7
  replace op7 with op8
  replace op8 with op9
  replace op9 with " "
endif
if op1=" "
  delete
  pack
  store "N" to excluir
endif
enddo
clear
@4,4 say "Mais exclusoes (S/N) ?" get continua picture "!"
read
enddo
clear
store " " to imp
@5,10 say "Quer imprimir a listagem de pedidos ? " get imp picture "!"
read
if imp="S"
  go top
  set device to printer
  set printer on
  do while .not.eof()
    ? reftrl
    ?? " - "
    ?? rotulo
    ?? " - lata : "
    ?? lata
    ? " Data de entrega : "
    ?? dataent
    ?? " - as "
    if horaent <= 24
      ?? horaent
    else
      ?? horaent-24
    endif
    ?? " horas"
    ?? " - Quantidade : "
    ?? qtd
```

```
if op1 <> " "  
  ? "    Operacao 1 : "  
  ?? op1  
endif  
if op2 <> " "  
  ? "    Operacao 2 : "  
  ?? op2  
endif  
if op3 <> " "  
  ? "    Operacao 3 : "  
  ?? op3  
endif  
if op4 <> " "  
  ? "    Operacao 4 : "  
  ?? op4  
endif  
if op5 <> " "  
  ? "    Operacao 5 : "  
  ?? op5  
endif  
if op6 <> " "  
  ? "    Operacao 6 : "  
  ?? op6  
endif  
if op7 <> " "  
  ? "    Operacao 7 : "  
  ?? op7  
endif  
if op8 <> " "  
  ? "    Operacao 8 : "  
  ?? op8  
endif  
if op9 <> " "  
  ? "    Operacao 9 : "  
  ?? op9  
endif  
? " "  
skip  
enddo  
set printer off  
set device to screen  
endif  
return□  
□
```

Litograf.prg - tela de entrada no sistema

```
set talk off
set default to c
set path to c:\vamp
store 88 to opcao
clear
@3,5 say "(1) Entrada de servicos a serem litografados"
@5,5 say "(2) Programacao da litografia"
@7,5 say "(3) Exclusao de operacoes realizadas"
@9,5 say "(4) Escolha das maquinas"
@11,5 say "(5) Alteracao na escolha de maquinas"
@13,5 say "(0) Sair daqui"
@15,5 say "Digite sua opcao : " get opcao picture "9"
read
do case
  case opcao=1
    do entrada
    do litograf
  case opcao=2
    do programa
    do litograf
  case opcao=3
    do excluir
    do litograf
  case opcao=4
    do escolha
    do litograf
  case opcao=5
    do maquinas
    do litograf
endcase
return□
□
```

OBS: Os nomes de alguns bancos de dados foram alterados para dar maior clareza ao leitor.

BANCOS DE DADOS**OPMAQ1**

OPMAQ1	Exemplo
Rótulo	Suvinil Latex
Material Aplicado	Laranja
Tamanho da lata	50
Nº da operação	661
Quantidade	15.000
LPT	1.409,2
EPT	9.999
Folga	7,42
Tempo	5,00
Aprovado (S/N)	TRUE

Os bancos de dados OPMAQ3, ORDEM1C e ORDEM3C têm esta mesma estrutura.

OPMAQ2

OPMAQ2	Exemplo
Rótulo	Suvinil Latex
Material Aplicado	Vermelho
Material Aplicado 2	Preto
Tamanho da lata	50
Nº da operação	660
Quantidade	15.000
LPT	1.416,2
EPT	9.999
Folga	6,22
Tempo	4,29
Aprovado (S/N)	FALSE

Os bancos de dados OPMAQ4, ORDEM2C e ORDEM4C têm esta mesma estrutura.

OPMAQ6

OPMAQ6	Exemplo
Rótulo	Suvinil Latex
Material Aplicado	Verniz epoxy
Tamanho da lata	50
Componente	Corpo
Nº da operação	663
Quantidade	15.000
LPT	1.398,7
EPT	0
Folga	11,23
Tempo	3,26
Aprovado (S/N)	TRUE

Os bancos de dados OPMAQ7, ORDEM6C e ORDEM7C têm esta mesma estrutura.

OPERAÇÕES

OPERAÇÕES	Exemplo
Rótulo	Suvinil Latex
Material aplicado	Es amarelo Suvinil
Material aplicado 2	
Tamanho da lata	50
Componente	Corpo
Nº da operação	662
Quantidade	15.000
LPT	1.404,0
EPT	9.999
Tempo	3,26
Máquina	7

RÓTULOS

RÓTULOS	Exemplo
Rótulo	Suvinil Latex
Tamanho de lata	50
Operação 1	Verniz Epoxy
Operação 2	Es amarelo Suvinil
Operação 3	Laranja
Operação 4	Vermelho
Operação 5	Preto
Operação 6	
Operação 7	
Operação 8	
Operação 9	

O banco de dados rotsb tem esta mesma estrutura.

SERVIÇOS

SERVIÇOS	Exemplo
Nº do pedido	66
Rótulo	Suvinil Latex
Tamanho da lata	50
Data de entrega	22/09/94
Hora de entrega	6:00
Quantidade	15.000
Prazo (nº real)	1.422,5
Operação 1	Verniz Epoxy
Operação 2	Es amarelo Suvinil
Operação 3	Laranja
Operação 4	Vermelho
Operação 5	Preto
Operação 6	
Operação 7	
Operação 8	
Operação 9	

CALENDÁRIO

CALEND
Dia
Dia Real
Desconto

Exemplo
22/09/94
1442,5
0

CHOSEN

CHOSEN
Rótulo
Material Aplicado
Material Aplicado 2
Tamanho da lata
Quantidade
APT
Ordem
Máquina
Tempo de <i>Setup</i> (h)
Nº da operação
Tempo

Exemplo
Suvinil Latex
Verniz epoxy
50
15.000
1.380,00*
3º
6
0,1
663
3,26

VARIÁVEL DE MEMÓRIA

A variável `refrtl` é uma variável de memória: fica armazenada na memória do computador. Ela armazena o número (sequencial) do último serviço.

Anexo 5 - Lista de Pedidos - um exemplo (3 páginas)

Anexo 6 - Lista de Operações a serem processadas - um exemplo (1 página)

Anexo 7 - Programação das Máquinas (6 páginas)

Pedidos de Serviços Litográficos

- 9 - NOVA C LISO - lata : 1
 Data de entrega : 11/11/94 - as 18 horas - Quantidade : 10000
 Operação 1 : VZ EPOXI
 Operação 2 : ES BRANCO COMUM
 Operação 3 : VERMELHO
 Operação 4 : VERDE

- 10 - OXILIN - lata : 1
 Data de entrega : 11/08/94 - as 22 horas - Quantidade : 4500
 Operação 1 : ES BRANCO
 Operação 2 : LARANJA
 Operação 3 : AZUL

- 11 - VZ F SOLAR - lata : 1
 Data de entrega : 11/14/94 - as 6 horas - Quantidade : 4500
 Operação 1 : VERMELHO
 Operação 2 : PRETO

- 12 - CORAL MS OL - lata : 4
 Data de entrega : 11/10/94 - as 6 horas - Quantidade : 3500
 Operação 1 : ES BRANCO NEVE
 Operação 2 : VERMELHO
 Operação 3 : PRETO

- 13 - KIV T OLEO - lata : 4
 Data de entrega : 11/08/94 - as 18 horas - Quantidade : 6000
 Operação 1 : LARANJA
 Operação 2 : PRETO

- 14 - VZ COPAL - lata : 4
 Data de entrega : 11/07/94 - as 6 horas - Quantidade : 6000
 Operação 1 : PRETO

- 15 - CORALIT ES - lata : 1
 Data de entrega : 11/09/94 - as 2 horas - Quantidade : 10000
 Operação 1 : VERMELHO
 Operação 2 : PRETO

- 16 - CONCORDIA - lata : 900
 Data de entrega : 11/05/94 - as 6 horas - Quantidade : 20000
 Operação 1 : VERMELHO
 Operação 2 : VERDE

- 17 - COMIGO - lata : 900
 Data de entrega : 11/08/94 - as 6 horas - Quantidade : 20000
 Operação 1 : AMARELO
 Operação 2 : VERMELHO

- 18 - CORAL M COR - lata : 50
 Data de entrega : 11/05/94 - as 12 horas - Quantidade : 15000
 Operação 1 : ES BRANCO NEVE
 Operação 2 : AZUL
 Operação 3 : PRETO

- 19 - CORALIT ES - lata : 32
 Data de entrega : 11/10/94 - as 6 horas - Quantidade : 7200
 Operação 1 : VERMELHO

Operação 2 : PRETO

20 - SUV ES SINT - lata : 4

Data de entrega : 11/10/94 - as 6 horas - Quantidade : 8900

Operação 1 : VERMELHO

Operação 2 : PRETO

21 - PAREDEX - lata : 50

Data de entrega : 11/08/94 - as 6 horas - Quantidade : 12000

Operação 1 : VZ EPOXI

Operação 2 : ES AMARELO SNELL

Operação 3 : VERMELHO

Operação 4 : PRETO

22 - SUV LX - lata : 50

Data de entrega : 11/10/94 - as 6 horas - Quantidade : 20000

Operação 1 : LARANJA

Operação 2 : VERMELHO

Operação 3 : PRETO

23 - SUV MASSA - lata : 50

Data de entrega : 11/09/94 - as 6 horas - Quantidade : 9000

Operação 1 : VZ EPOXI

Operação 2 : ES AMARELO SUVIN

Operação 3 : LARANJA

Operação 4 : VERMELHO

Operação 5 : PRETO

24 - ABC - lata : 900

Data de entrega : 11/07/94 - as 6 horas - Quantidade : 30000

Operação 1 : VZ SANITARIO

Operação 2 : ES OURO CLARO

Operação 3 : AMARELO

Operação 4 : OURO FORTE

Operação 5 : PRETO

25 - DINOL - lata : 900

Data de entrega : 11/14/94 - as 12 horas - Quantidade : 18000

Operação 1 : OURO

Operação 2 : VERDE

26 - VILA VELHA - lata : 50

Data de entrega : 11/12/94 - as 6 horas - Quantidade : 9000

Operação 1 : VZ SANITARIO

Operação 2 : ES BRANCO NEVE

Operação 3 : VERDE CLARO

Operação 4 : VERDE FORTE

27 - CORALAR - lata : 1

Data de entrega : 11/04/94 - as 12 horas - Quantidade : 3500

Operação 1 : ES BRANCO NEVE

Operação 2 : VERDE

Operação 3 : PRETO

28 - SIOL - lata : 900

Data de entrega : 11/08/94 - as 6 horas - Quantidade : 15000

Operação 1 : AMARELO

Operação 2 : VERMELHO

Operação 3 : PRETO

29 - W GENERICO - lata : 4

Data de entrega : 11/12/94 - as 6 horas - Quantidade : 3500

Operação 1 : VERMELHO

Operação 2 : PRETO

Listagem de Operações

Record#	REF	ROTULO	LATA	MATERIAL	MATERIAL2	MAQ	
1	90	NOVA C LISO	1	VERMELHO	VERDE	2	1
2	91	NOVA C LISO	1	ES BRANCO COMUM		7	1
3	92	NOVA C LISO	1	VZ EPOXI		6	1
4	100	OXILIN	1	AZUL		1	
5	101	OXILIN	1	LARANJA		1	
6	102	OXILIN	1	ES BRANCO		7	
7	110	VZ F SOLAR	1	PRETO		3	
8	111	VZ F SOLAR	1	VERMELHO		3	
9	120	CORAL MS OL	4	PRETO		3	
10	121	CORAL MS OL	4	VERMELHO		3	
11	122	CORAL MS OL	4	ES BRANCO NEVE		7	
12	130	KIV T OLEO	4	PRETO		1	
13	131	KIV T OLEO	4	LARANJA		1	
14	140	VZ COPAL	4	PRETO		3	
15	150	CORALIT ES	1	PRETO		3	1
16	151	CORALIT ES	1	VERMELHO		3	1
17	160	CONCORDIA	900	VERMELHO	VERDE	4	2
18	170	COMIGO	900	AMARELO	VERMELHO	4	2
19	180	CORAL M COR	50	AZUL	PRETO	2	1
20	181	CORAL M COR	50	ES BRANCO NEVE		7	1
21	190	CORALIT ES	32	PRETO		3	
22	191	CORALIT ES	32	VERMELHO		3	
23	200	SUV ES SINT	4	VERMELHO	PRETO	2	
24	210	PAREDEX	50	VERMELHO	PRETO	2	1
25	211	PAREDEX	50	ES AMARELO SNELL		7	1
26	212	PAREDEX	50	VZ EPOXI		6	1
27	220	SUV LX	50	VERMELHO	PRETO	2	2
28	221	SUV LX	50	LARANJA		1	2
29	230	SUV MASSA	50	VERMELHO	PRETO	2	
30	231	SUV MASSA	50	LARANJA		1	
31	232	SUV MASSA	50	ES AMARELO SUVIN		7	
32	233	SUV MASSA	50	VZ EPOXI		6	
33	240	ABC	900	OURO FORTE	PRETO	4	3
34	241	ABC	900	AMARELO		1	3
35	242	ABC	900	ES OURO CLARO		7	3
36	243	ABC	900	VZ SANITARIO		6	3
37	250	DINOL	900	OURO	VERDE	4	1
38	260	VILA VELHA	50	VERDE CLARO	VERDE FORTE	4	
39	261	VILA VELHA	50	ES BRANCO NEVE		7	
40	262	VILA VELHA	50	VZ SANITARIO		6	
41	270	CORALAR	1	PRETO		1	
42	271	CORALAR	1	VERDE		1	
43	272	CORALAR	1	ES BRANCO NEVE		7	
44	280	SIOL	900	VERMELHO	PRETO	4	1
45	281	SIOL	900	AMARELO		1	1
46	290	W GENERICO	4	VERMELHO	PRETO	2	

Programacao da Lito 1

Data : 11/04/94

Servico	Lata	Quant	Inicio	Fim	Origem	Material Aplicado	Ref
SIOL	900	15000	6:00	11:00		AMARELO	281
Preparacao			11:00	12:30			
CORALAR	1	3500	12:30	13:40		VERDE	271
Preparacao			13:40	14:40			
CORALAR	1	3500	14:40	15:50		PRETO	270
Preparacao			15:50	16:50			
OXILIN	1	4500	16:50	18:20		LARANJA	101
Preparacao			18:20	19:02			
KIV T OLEO	4	6000	19:02	21:02		LARANJA	131
Preparacao			21:02	22:02			
KIV T OLEO	4	6000	22:02	24:02		PRETO	130
Preparacao			24:02	1:32			
ABC	900	30000	1:32	11:32		AMARELO	241

Programacao da Lito 2

Data : 11/04/94

Servico	Lata	Quant	Inicio	Fim	Origem	Material Aplicado	Ref
SUV ES SINT	4	8900	6:00	8:32		VERMELHO PRETO	200
Preparacao W GENERICO	4	3500	8:32 9:02	9:02 10:02		VERMELHO PRETO	290
Preparacao CORAL M COR	50	15000	10:02 11:32	11:32 15:49		AZUL PRETO	180
		0	15:49	21:49			0
PAREDEX	50	12000	21:49	1:15		VERMELHO PRETO	210
		0	1:15	7:15			0

Servico	Lata	Quant	Inicio	Fim	Origem	Material Aplicado	Ref
VZ COPAL	4	6000	6:00	8:30		PRETO	140
Preparacao			8:30	10:00			
CORALIT ES	1	10000	10:00	14:10		VERMELHO	151
Preparacao			14:10	14:46			
VZ F SOLAR	1	4500	14:46	16:39		VERMELHO	111
Preparacao			16:39	17:27			
CORALIT ES	32	7200	17:27	20:27		VERMELHO	191
Preparacao			20:26	21:15			
CORAL MS OL	4	3500	21:15	22:42		VERMELHO	121
Preparacao			22:42	23:54			
CORAL MS OL	4	3500	23:54	1:22		PRETO	120
Preparacao			1:22	2:10			
CORALIT ES	1	10000	2:10	6:20		PRETO	150
Preparacao			6:20	6:56			
VZ F SOLAR	1	4500	6:56	8:49		PRETO	110

Programacao da Lito 4

Data : 11/04/94

Servico	Lata	Quant	Inicio	Fim	Origem	Material Aplicado	Ref
CONCORDIA	900	20000	6:00	11:00		VERMELHO VERDE	160
Preparacao SIOL	900	15000	11:00 11:48	11:48 15:33		VERMELHO PRETO	280
Preparacao COMIGO	900	20000	15:33 16:21	16:21 21:21		AMARELO VERMELHO	170
Preparacao DINOL	900	18000	21:20 22:50	22:50 3:20		OURO VERDE	250
		0	3:20	6:20			0

Programacao da Lito 6

Data : 11/04/94

Servico	Lata	Quant	Inicio	Fim	Origem	Material Aplicado	Ref
ABC	900	30000	6:00	12:31		VZ SANITARIO	243
Preparacao			12:31	12:37			
VILA VELHA	50	9000	12:37	14:34		VZ SANITARIO	262
Preparacao			14:34	15:22			
PAREDEX	50	12000	15:22	17:59		VZ EPOXI	212
Preparacao			17:59	18:05			
SUV MASSA	50	9000	18:05	20:02		VZ EPOXI	233
Preparacao			20:03	20:09			
NOVA C LISO	1	10000	20:09	22:19		VZ EPOXI	92

Programacao da Lito 7

Data : 11/04/94

Servico	Lata	Quant	Inicio	Fim	Origem	Material Aplicado	Ref
CORALAR	1	3500	6:00	6:45		ES BRANCO NEVE	272
Preparacao			6:45	6:51			
CORAL M COR	50	15000	6:51	10:07		ES BRANCO NEVE	181
Preparacao			10:07	10:13			
CORAL MS OL	4	3500	10:13	10:58		ES BRANCO NEVE	122
Preparacao			10:58	11:28			
OXILIN	1	4500	11:28	12:27		ES BRANCO	102
Preparacao			12:27	13:27			
ABC	900	30000	13:27	19:58		ES OURO CLARO	242
Preparacao			19:58	20:58			
PAREDEX	50	12000	20:58	23:35		ES AMARELO SNELL	211
Preparacao			23:35	24:05			
SUV MASSA	50	9000	24:05	2:03		ES AMARELO SUVIN	232
Preparacao			2:03	2:51			
VILA VELHA	50	9000	2:51	4:48		ES BRANCO NEVE	261
Preparacao			4:48	5:18			
NOVA C LISO	1	10000	5:18	7:28		ES BRANCO COMUM	91