

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Gestão e Engenharia Industrial

5º Ano

97d 12h 0m

Queue size Work Station Equipment

Assembly

Utilização de Ferramentas de Simulação na Optimização de Recursos

Texas Instruments - Samsung Electrónica (Portugal), L.da.

Finish

- 0 3-Molders Mold448 Mold56
- 1 4-Fornos Forno1 Forno2 Forno3 Forno4
- 2 5-Symbols Laser
- 0 6-TranfFm.Sing TFS10 TFS50
- 0 6-VM VM1 VM2
- 0 Online:Fin Online
- 0 Op:Mold Op1 Op2
- 0 Op:Symbol Op1
- 0 Op:TFSing Op1 Op2

Carla Sofia Carvalho da Igreja

TestPack

- 2 7-Burnin Burnin1
- 0 7- Handlers Handler1 Handler2 Handler3 Handler4
- Handler5 Handler6 Handler7 Handler8
- 0 7-Testers Tester1 Tester2 Tester3 Tester4
- Tester5 Tester6 Tester7 Tester8
- Tester9 Tester10
- 32 8-Bake Bake1
- Tl&Reel421 Tl&Reel431 Tl&Reel441

Supervisores
Prof. António Brito
Eng. António Clemêncio

Outubro 1996

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Gestão e Engenharia Industrial

5º Ano

Legend

Select

Pause

Quit

Help

97d 12h 0m

Queue size

Work Station

Equipment

Assembly

0 1- Mounters

MT501

MT502

MT508

MT517

Utilização de Ferramentas de Simulação na Optimização de Recursos

13 2- Bonders

BDS03

BDS04

BDS05

BDS06

BDS10

BDS11

BDS12

BDS13

BDS14

BDS15

Texas Instruments - Samsung Electrónica (Portugal), L.da.

Finish

0 3- Molders

Mold48

Mold56

1 4- Fornos

Forno1

Forno2

Forno3

Forno4

2 5- Symbols

Laser

0 6- Transf. Sim

TFS01

TFS02

Carla Sofia Carvalho da Igreja

0 6- VM

VM1

VM2

0 Online:Fin

Online

0 Op:Mold

Op1

Op2

0 Op:Symbol

Op1

0 Op:TFSing

Op1

Op2

TestPack

2 7- Burnin

Burnin1

0 7- Handlers

Handler1

Handler2

Handler3

Handler4

Handler5

Handler6

Handler7

Handler8

0 7- Testers

Tester1

Tester2

Tester3

Tester4

Tester5

Tester6

Tester7

Tester8

Tester9

Tester10

32 8- Bake

Bake1

Outubro 1996

0 9- Pack

T&Reel421

T&Reel431

T&Reel441

621(047.3)/DEM/EG/GE 5B 1996/16Rc

Universidade do Porto	
Faculdade de Engenharia	
Biblioteca M	
Nº	68042
CDU	621(047.3)
Data	1 / 8 / 2003

© 1996 Texas Instruments - Samsung, Electrónica (Portugal), Lda.

THE INFORMATION AND/OR DRAWINGS SET FORTH IN THIS DOCUMENT AND ALL RIGHTS IN AND TO INVENTIONS DISCLOSED HEREIN AND PATENTS WHICH MIGHT BE GRANTED THEREON DISCLOSING OR EMPLOYING THE MATERIALS, METHODS, TECHNIQUES, OR APPARATUS DESCRIBED HEREIN ARE THE EXCLUSIVE PROPERTY OF TEXAS INSTRUMENTS - SAMSUNG ELECTRÓNICA PORTUGAL.

NO DISCLOSURE OF INFORMATION OR DRAWING SHALL BE MADE TO ANY OTHER PERSON OR ORGANIZATION WITHOUT THE PRIOR CONSENT OF TEXAS INSTRUMENTS - SAMSUNG ELECTRÓNICA PORTUGAL.

Agradecimentos

Ao Eng. António Clemêncio, orientador do estágio na TISEP por ter criado as condições que tornaram possível este trabalho, pelo seu apoio e incentivo.

Ao Prof. António Brito, coordenador pertencente à FEUP pela disponibilidade demonstrada ao longo de todo o estágio.

Aos colaboradores da TISEP pela sua ajuda e apoio em todos os momentos.

A todos os elementos da linha SSOP em geral pela paciência, colaboração e interesse, e em especial às operadoras, técnicos e facilitador do segundo turno a quem recorri mais na parte final e tão crítica do estágio.

A todos os colegas de trabalho pelo excelente ambiente proporcionado, simpatia e amizade.

Aos meus pais, família e amigos pelo incentivo e conselhos prestados.

Para todas estas pessoas, o meu sincero obrigado.

Carla Igreja

Outubro de 1996

Resumo

É propósito deste relatório descrever o desenvolvimento do projecto específico de análise de sensibilidade da linha de produção *Schrink Small Outline Package* ao número de operadoras e equipamento. Apesar de ter participado em várias outras actividades e projectos enquadrados no âmbito de simulação, não se pretende aqui descrevê-las por não terem feito parte do objectivo inicial do estágio.

Definem-se os objectivos do estudo e escolhem-se os parâmetros de avaliação das soluções consideradas. Exemplifica-se sucintamente os diferentes passos de construção do modelo de simulação, tentando sempre que possível ilustrar com imagens de Testsim/X. Apresenta-se a validação do modelo e posteriormente as análises efectuadas em termos quer de operadoras quer de equipamento. As diferentes hipóteses consideradas são avaliadas e classificadas de modo a estimar a solução óptima.

ÍNDICE

Agradecimentos	iii
Resumo	iv
Índice	v
1. Introdução	1
1.1 Âmbito	1
1.2 Objectivos	1
2. Texas Instruments - Samsung Electrónica (Portugal), L.da.	2
2.1 TISEP.....	2
2.2 Texas Instruments.....	4
2.3 Samsung Electronics Company	5
3. Linha de produção de <i>Schrink Small Outline Package</i>	7
3.1 Fases do processo	10
3.1.1 Incoming.....	10
3.1.2 Stock	10
3.1.3 Starts	11
3.1.4 Die Prep	13
3.1.5 Mount	13
3.1.6 Bond.....	14
3.1.7 Mold.....	15
3.1.8 Símbolo	16
3.1.9 Trim&Form+Singulate.....	16
3.1.10 Burnin.....	17
3.1.11 Teste	17
3.1.12 Bake	18
3.1.13 Pack	19
3.1.14 Inspeção de QC.....	19
3.1.15 Shipping	19
3.2 Fases Modeladas	20

4. Simulação

4.1 Método de análise	21
4.1.1 Simulação.....	21
4.1.2 Selecção.....	22
4.2 Testsim/X como Ferramenta de Simulação.....	23
4.2.1 Gestão dos Acontecimentos.....	23
4.2.2 Regras de Gestão do Fluxo de Lotes.....	23
4.2.3 Complexidade vs Precisão	23
4.2.4 Construção de modelos.....	24
4.3 Mapas de Entrada de Dados.....	24

5. Modelo *Schrink Small Outline Package* 25

5.1 Definição dos objectivos.....	25
5.1.1 Critérios de Avaliação.....	26
5.1.2 Avaliação de Cenários Alternativos de Operadoras	28
5.1.3 Avaliação de Cenários Alternativos de Equipamento.....	30
5.1.4 Separação entre Áreas	30
5.1.5 Abordagem.....	31
5.1.6 Simplificação	31
5.1.7 Análises realizadas.....	32
5.1.8 Pressupostos.....	32
5.1.9 Opções de Simulação	34
5.2 Construção do modelo.....	36
5.2.1 Simplificações	36
5.2.1.1 Técnicos	36
5.2.1.2 Treinos e Reuniões.....	37
5.2.1.3 Testsim/X.....	37
5.2.2 Turnos e Pessoal	39
5.2.2.1 Fase 1: Definição de áreas.....	39
5.2.2.2 Fase 2: Recolha do número de operadoras por turno e por área	40
5.2.2.3 Fase 3: Estimativa do número de operadoras por dia em cada área.....	41
5.2.2.4 Fase 4: Tradução para Testsim/X do número de operadoras e suas folgas	42
5.2.2 Equipamento	45
5.2.2.1 Definição das <i>Work Stations</i>	45

5.2.2.2 PPH: Partes por hora	48
5.2.2.2.1 Fase 1: Descrição do processo e identificação de passos elementares.....	49
5.2.2.2.2 Fase 2: Recolha de tempos.....	51
5.2.2.2.3 Fase 3: Análise crítica dos valores obtidos.....	51
5.2.2.2.4 Fase 4: Cálculo do PPH	51
5.2.2.3 MTBF e MTTR.....	52
5.2.2.4 MTBA e MTTA.....	53
5.2.2.4.1	53
5.2.2.4.1 Fase 1: Identificação das características do equipamento ...	54
5.2.2.4.2 Fase 2: Desenvolvimento do formulário	55
5.2.2.4.2.1 Formulário genérico	55
5.2.2.4.2.2 Formulário para <i>Handlers</i>	55
5.2.2.4.3 Fase 3: Distribuição dos formulários na linha.....	55
5.2.2.4.4 Fase 4: Análise crítica dos resultados obtidos.....	56
5.2.2.4.5 Fase 5: Estimativa dos MTBA e MTTA.....	57
5.2.2.4.5.1 Formulário genérico	57
5.2.2.4.5.2 Formulário para as <i>Handlers</i>	59
5.2.2.4.6 Fase 6: Escolha do tipo de distribuição	60
5.2.2.4.7 Casos especiais	61
5.2.2.4.7.1 <i>Testers</i>	61
5.2.2.4.7.2 <i>Molders</i>	61
5.2.2.4.7.3 <i>Mounters</i>	61
5.2.2.5 Modelação em Testsim/X.....	62
5.2.2.5.1 Parâmetros dependentes da <i>Work Station</i>	63
5.2.2.5.2 Parâmetros dependentes do tipo de produto	63
5.2.2.5.3 Parâmetros dependentes da máquina	63
5.2.3 Processos.....	64
5.2.3.1 Simplificações: Yield.....	64
5.2.3.2 Fase 1: Definição de tarefas unitárias.....	65
5.2.3.3 Fase 2: Determinação da duração de cada tarefa	67
5.2.3.4 Fase 3: Classificação e agrupamento de tarefas	67
5.2.3.5 Fase 4: Modelação em Testsim/X.....	68
5.2.3.6 Fase 5: Confirmação dos resultados.....	70
5.2.3.6.1 Step #1	70
5.2.3.6.2 Step #2.....	70
5.2.3.6.3 Step #3.....	70

5.2.3.6.4 Step #4	70
5.2.3.7 Outras funções usadas para modelar o processo	72
5.2.3.7.1 Nem para todos os lotes se “passa a Golden”	74
5.2.3.7.2 Todas as unidades rejeitadas são retestadas	74
5.2.3.7.3 As unidades rejeitadas por pinos tortos são corrigidas manualmente pelas operadoras	74
5.2.3.7.4 315 unidades por lote fazem teste QC	74
5.2.3.7.5 Alguns lotes são embalados em tubos à saída da Handler ..	75
5.2.3.8 Kanbans	76
5.2.4 Produtos	77
5.2.4.1 Fase 1: Escolha de produtos representativos	77
5.2.4.2 Fase 2: Cálculo do volume produzido	78
5.2.4.3 Fase 3: Distribuição do tamanho do lote	78
5.2.4.4 Fase 4: Parâmetros dos produtos	79
5.2.4.4.1 Product Definition	79
5.2.4.4.2 Product Parameters.....	80
5.2.4.4.3 Product Type	80
5.2.5 Afectação do equipamento	81
5.3 Validação do Modelo.....	82
5.3.1 Validação dos dados de Equipamento	84
5.3.2 Validação dos Dados de Operadoras	86
5.3.3 Validação dos Valores de Cycle Time	87
5.4 Análise de Sensibilidade ao Número de Operadoras	90
5.4.1 Assembly	90
5.4.1.1 Cycle Time	90
5.4.1.1.1 Entre uma e três operadoras.....	90
5.4.1.1.2 Quatro e cinco operadoras	91
5.4.1.1.3 Seis e sete operadoras.....	91
5.4.1.2 Ocupação das Operadoras	91
5.4.1.2.1 Diminuição exponencial da ocupação das operadoras entre quatro e sete operadoras	91
5.4.1.2.2 Ocupação das operadoras idêntica entre uma e quatro operadoras	92
5.4.1.3 Perdas de Equipamento por Falta de Operadora.....	93
5.4.2 Finish	95
5.4.2.1 Cycle Time	95
5.4.2.2 Perdas por falta de operadora.....	96
5.4.2.2.1 Diferentes níveis.....	96

5.4.2.2 Evolução distinta	97
5.4.3 Test&Pack	98
5.4.3.1 Cycle Time	98
5.4.3.2 Perdas por Falta de Operadoras	98
5.4.3.3 Ocupação das operadoras	99
5.4.4 Conclusões da Análise Relativa às Operadoras.....	100
5.5 Análise de Sensibilidade ao Número de Máquinas	102
5.5.1 Assembly	103
5.5.2 Test&Pack	106
5.5.3 Conclusões da Análise Relativa ao Equipamento	108
5.6 Conclusões Gerais	110
Últimos Comentários	112
Bibliografia	113

Anexos

1. Introdução

Âmbito e objectivos do estágio

1.1 Âmbito

Este estágio foi realizado no âmbito do curso de Gestão e Engenharia Industrial, ministrado na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), e substituiu as disciplinas do segundo semestre do quinto e último ano desta licenciatura.

O estágio decorreu na empresa Texas Instruments - Samsung Electrónica (Portugal), L.da (TISEP) entre 11 de Março e 30 de Setembro de 1996.

Segundo os procedimentos definidos pela faculdade, foram designados dois orientadores do estágio, o Prof. Dr. António Brito, docente da FEUP e o Eng. António Clemêncio, elemento do departamento de Engenharia Industrial da TISEP.

1.2 Objectivos

A área de estágio foi a Melhoria de Processos Produtivos, usando como ferramenta o Testsim/X na versão 3.8, um *Package de Software* de simulação especialmente desenvolvido para a indústria de semicondutores e adquirido pela TISEP.

Definiu-se como objectivo de estágio a construção de um modelo de simulação de toda a área produtiva dos *Schrink Small Outline Products* (SSOP) em Testsim/X e posterior estudo de sensibilidade aos recursos afectados, nomeadamente mão-de-obra e equipamento.

No decurso do estágio surgiram outros projectos que condicionaram fortemente a evolução do projecto inicial, dos quais se podem destacar o “*Team de Reengenharia de Bond*”, e o estudo de novo equipamento para *Assembly e Finish*.

2. Texas Instruments - Samsung Electrónica (Portugal), L.da.

Breve descrição da empresa onde foi realizado o estágio



Rua Eng.º Frederico Ulrich, 2650

4470 Maia

Telefone: 02 - 944 9003

Telefax: 02 - 944 9929

2.1 TISEP

A Texas Instruments - Samsung Electrónica (Portugal), L.da. (TISEP) fica localizada na Maia e é uma empresa que se dedica à montagem e teste de circuitos integrados.

A TISEP tem cerca de 700 colaboradores nas mais diversas áreas, e é uma das cinco maiores empresas electrónicas do país, fornecendo clientes Europeus, dos Estados Unidos e da Ásia.

Desde o arranque da produção já se produziram mais de 5000 tipos de produtos diferentes somando mais de 6 mil milhões de circuitos. Actualmente, a TISEP monta e testa mensalmente cerca de 300 produtos diferentes, que resultam em mais de 40 milhões de unidades por mês.

A empresa foi fundada em 1973 como uma subsidiária da Texas Instruments Corporation tendo sido constituída em 1994 uma *joint-venture* com a Samsung Electronics Corporation.

Tendo iniciado a produção com circuitos integrados DIP em 1973, actualmente produz circuitos *Small Outline Integrated Circuits* (SOIC), circuitos avançados *Schrink Small Outline Package* (SSOP) e memórias *Dynamic Random Access Memory* (DRAM). Os produtos SOIC e SSOP são produzidos pela Texas Instruments e as DRAM pela Samsung. Ver Figura 2.1.

Estes circuitos integrados são posteriormente distribuídos para grandes empresas da indústria electrónica de que são exemplo a Siemens, Alcatel, IBM, Hewlett-Packard, AT&T, Ericsson e a Seagate (maior cliente de produtos SSOP da TISEP).

As instalações fabris ocupam uma área coberta de 15 mil m² implantada numa área de 100 mil m² e é composta por 6 edifícios.

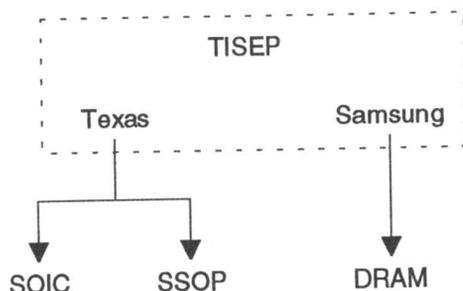


Figura 2.1 Produtos TISEP.

A fábrica opera 24 horas por dia, processando em média 600 encomendas por semana, totalizando 3500 lotes.

A produção passa em geral por 11 passos de processamento bastantes complexos: *Die Prep, Mount, Bond, Mold, cura de Mold, Degrease, Símbolo, Trim&Form, Singulation, Burnin, Test, Bake* e finalmente, a embalagem em bobines (*Tape & Reel*) ou em tubos.

A empresa tem seguido uma política de qualidade total em que a satisfação do cliente é a principal prioridade. O seu trabalho nesta área tem sido reconhecido através de cerca de 85 prémios de qualidade com que a empresa já foi galardoada. Em 1995 a TISEP foi honrada com o Trofeu Ouro do Prémio de Excelência (PEX) promovido pelo Instituto Português da Qualidade e com o Prémio Europeu de Qualidade.

A seguir apresenta-se uma pequena cronologia da TISEP Portugal.

29 de Janeiro de 1973	Início de actividade da Texas Instruments - Equipamento Electrónico (Portugal), L.da.
Junho de 1973	Início das operações de montagem e teste, com uma população de 30 pessoas.
Julho de 1973	A população empregada aumenta para 80.
Dezembro de 1973	202 empregados; 80 mil unidades embarcadas; instalações aprovadas pelo Ministério da Indústria.
1974	600 empregados, a produção excede 1 milhão de unidades
1976	Início da produção de circuitos lineares e venda de produtos de consumo (calculadoras electrónicas).
1978	650 empregados: produção triplica em relação a 1974
1981	Recebido o prémio de Melhor Qualidade da TI Japão.
1985	A produção cumulativa excedeu os 2 mil milhões de unidades.
1990	Construída uma sala limpa 100K. 4 mil milhões de unidades produzidas.
1991	Ganhou o 3º campeonato de Equipas de Qualidade da Texas Instruments Europa
1992	Ganhou o 1º Prémio Nacional de Qualidade
1993	Mais de 800 empregados; mais de 5 mil milhões de unidades produzidas. Construção de duas salas limpas classe 1 K e 10K.
1994	Joint-venture com a Samsung Electronics Company (SEC); o nome da empresa é mudado para Texas Instruments - Samsung, Electrónica (Portugal), L.da.
1995	Trofeu ouro do Prémio de Excelência (PEX) promovido pelo Instituto Português da Qualidade e pelo Ministério da Indústria e Energia.

2.2 Texas Instruments



A *Texas Instruments Incorporated* foi fundada como “*Geophysical Service Inc.*” em 16 de Maio de 1930 em Dallas por J. Clarence Karcher e Eugene McDermott. O nome actual da companhia data de 1951, altura em que tomou posse o primeiro presidente da TI, John Erik Jonhson.

Os negócios da companhia encontram-se divididos em cinco áreas: Semicondutores, Sistemas Electrónicos Militares, Computadores e Periféricos, Ferramentas de Software e Controlo & Materiais.

A TI tem investido fortemente desde o seu início, na investigação e desenvolvimento, tendo obtido mais de 5000 patentes de engenharia electrónica e ciências da computação. As principais inovações da empresa foram:

- 1954** Comercialização do primeiro transístor de silício.
- 1958** Invenção do circuito integrado por Jack Kilby.
- 1967** Invenção da máquina calculadora.
- 1971** Invenção do microprocessador e micro-computador de chip único.
- 1982** Introdução do primeiro processador digital de sinal (DSP) num único chip.
- 1990** Desenvolve o *Digital Micromirror Device* (DMD), um moderador de luz espacial monolítico baseado em silício para aplicações de imagem.
- 1992** Introdução do processador single-chip *microSPARC* com toda a lógica essencial de uma *Workstation*.

As operações na Europa estabeleceram-se em 1956 em Bedford na Inglaterra, dispondo actualmente de oito fábricas de produção, cinco centros de distribuição e 32 escritórios de vendas. A TI-Europa emprega mais de 6.500 pessoas gerando mais de 1,4 biliões de dólares por ano.

A *Texas Instruments Incorporated* tem cerca de 300 escritórios de vendas e fábricas em mais de 30 países, empregando mais de 60.000 pessoas e totalizando em vendas de produtos e serviços em 1995 mais de 13,1 biliões de dólares.

2.3 Samsung Electronics Company

The Samsung logo consists of the word "SAMSUNG" in a bold, white, sans-serif font, centered within a black, horizontally-oriented oval.

A Samsung Electronics Company (SEC) é uma subsidiária do grupo Samsung sediado em Seul, na Coreia do Sul.

O grupo Samsung é actualmente a 14ª maior companhia do mundo e consiste em 28 negócios que variam desde a Electrónica, Máquinas, Químicos até Seguros, Finanças e Medicina.

O grupo Samsung foi fundado em 1938 em Taegu, Coreia do Sul, por Lee Byung-Chul como uma firma para comercialização de arroz e bens agrícolas com países vizinhos. A sua sede foi movida para Seul em 1948, altura em que iniciou relações comerciais com os Estados Unidos.

A Samsung Electronics foi fundada em 1969, tornando-se em 1970 o maior fabricante mundial de televisores a preto e branco.

A produção de memórias DRAM iniciou-se em 1983 com DRAM's de 64K.

Em 1992 desenvolveu a primeira DRAM de 16M e em 1994 a primeira DRAM de 256M.

Em 1994, o grupo Samsung dispunha de 14.590 investigadores, sendo 11.100 da Samsung Electronics.

Desde 1960, o grupo Samsung tem crescido 10 vezes em cada 6 anos, a uma média de 23,7% por ano.

O grupo Samsung tem cerca de 300 escritórios e fábricas de produção em 65 países e emprega mais de 200.000 pessoas, gerando um volume de negócios em 1994 superior a 63.800 biliões de dólares.

3. Linha de produção de *Schrink Small Outline Package*

Caracterização dos produtos Schrink Small Outline Package e do seu processo de fabrico

Os produtos *Schrink Small Outline Package* (SSOP) são os produtos mais evoluídos que são processados pela Texas na TISEP e representam, relativamente aos *Small Outline Integrated Circuits* (SOIC), um maior investimento em equipamento e recursos humanos.

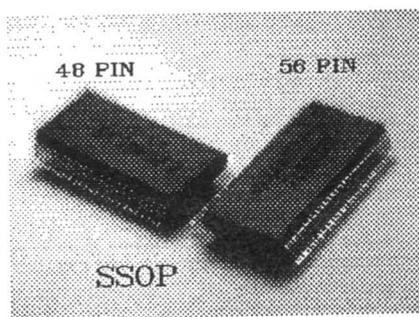


Figura 3.1: Circuitos integrados *Schrink Small Outline Package* produzidos pela TISEP.

O seu volume de produção é actualmente cerca de 110 mil unidades por dia, com perspectivas de aumento para os próximos anos.

A nível da Texas, são apenas cerca de 10% do total de unidades produzidas. No entanto, em termos de operadoras representam aproximadamente 30% e em receitas mais de 50%.

Os SSOP produzidos na TISEP têm 48 ou 56 pinos, tal como apresentado na Figura 3.1. Os 48 pinos são de tecnologia digital e os 56 podem ser digitais ou lineares. O *mix* actual é de 64% do volume total para 48 pinos e 36% para 56 pinos.

O fluxo produtivo varia com o número de pinos e a tecnologia, tendo também influência o tipo de *chip* que contém, designado *Parent*.

Na TISEP produzem-se cerca de 30 *Parents* SSOP diferentes que em termos de volume seguem a Lei de Pareto, tal como demonstrado em Gráfico 3.1.

Em comparação com os produtos *Small Outline Integrated Circuits* (SOIC), os SSOP utilizam equipamento tecnologicamente mais avançado e seguem especificações de fabrico mais rígidas. O fluxo é também distinto incluindo passos extra de produção, o *Burnin* e o *Bake*, e excluindo o *Degrease*.

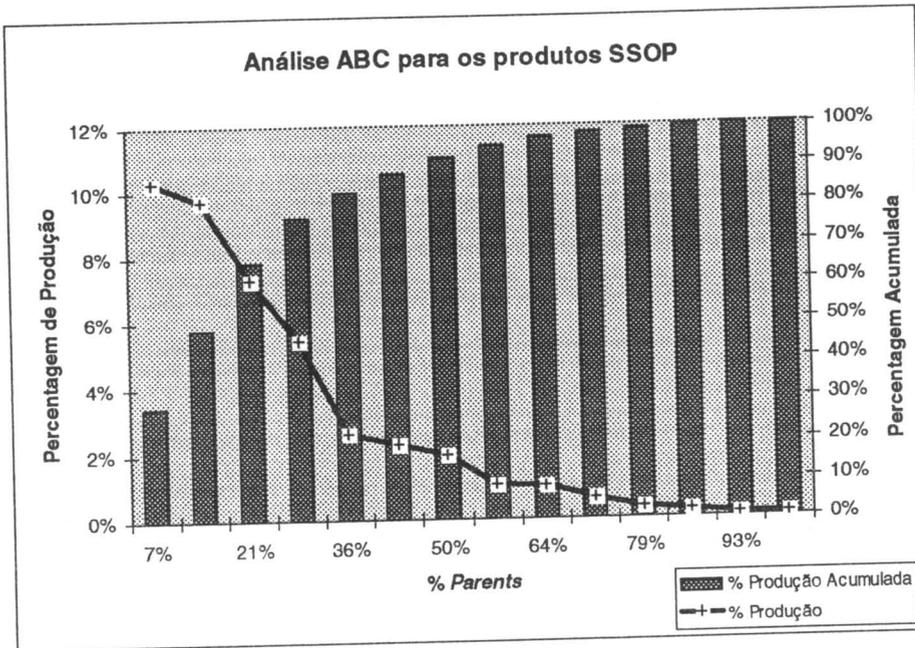


Gráfico 3.1 Análise ABC dos produtos SSOP.

Os produtos SSOP partilham com os SOIC as diversas salas de produção. Estas são classificadas quanto às exigências a nível da quantidade de partículas em quatro categorias: Salas Limpas de 1K, 10K, 100K e salas não controladas.

Nas salas de 1K e 10K existem procedimentos especiais. A nível de vestuário é obrigatório o uso de fato, máscara, luvas e botas; a nível de material, as folhas de papel, as capas e as esferográficas têm que ser *Lint Free*, ou seja, que não libertem fibras.

Na sala de 1K executa-se a operação de *Die Prep* e na 10K as de *Mount* e *Bond*. A sala 100K é apenas usada na produção de DRAM's, obrigando ao uso de bata e touca.

É em salas não controladas que são executadas todas as outras operações, obrigando apenas ao uso de bata. Contudo, apesar da sua designação, a sala onde se realizam as operações de Símbolo a Pack encontra-se com uma quantidade de partículas efectiva ao nível das 100K.

Quanto a temperatura e humidade, todas as salas são objecto de controle mais ou menos apertado.

3.1 Fases do processo

Os *chips* chegam à TISEP em lotes de em média 12 *Wafers* (equivalente a cerca de 14000 unidades), vindos de *WaferFabs* pertencentes à Texas Instruments.

3.1.1 Incoming

Ao serem descarregados, são encaminhados para o *Incoming*, zona onde as *Wafers* são contadas e inspeccionas ao microscópio.

Wafer

Uma *Wafer* é constituída por uma base de silício, com a forma de um disco, sobre a qual os *chips* ou *Dies* estão dispostos em matriz. Os *chips* defeituosos vêm marcados com um ponto vermelho de modo a não serem retirados aquando da posterior operação de *Mount*.

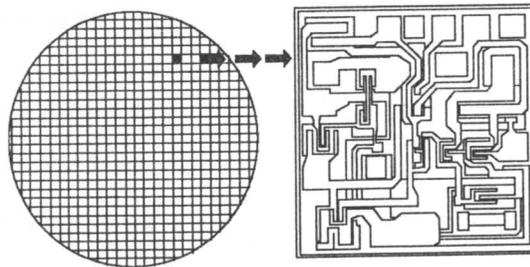


Figura 3.2: *Wafer* e ampliação de um dos *Chips*.

3.1.2 Stock

Seguidamente, passam à zona de *Stocks* onde ficam armazenadas num armazém móvel até serem pedidas pela secção de planeamento.

O planeamento determina todas as segundas-feiras a quantidade de cada *Parent* que tem que ser produzida durante a semana.

3.1.3 Starts

Ao longo da semana vão sendo preparados lotes menores, os chamados lotes-mãe, de modo a satisfazer os pedidos do planeamento de um modo homogéneo ao longo da semana. Estes lotes são constituídos por algumas *Wafers* guardadas em pequenas caixas e acompanhadas dos *Lot Travellers* dos lotes de produção a que posteriormente, em *Mount*, darão origem.

Lot Traveller

O *Lot Traveller* é um documento que acompanha cada lote ao longo de todo o processo, e onde se encontram todos os parâmetros necessários aos fluxos e processamentos correctos, por exemplo aquando da programação das máquinas e inspecções.

É ainda no *Lot Traveller* que são feitos todos os registos, tal como a identificação das operadoras que realizaram cada tarefa ou a quantidade de unidades defeituosas encontradas.

O *Lot Traveller* é gerado nos *Starts* em papel *Lint Free* (por ser usado numa sala de ambiente controlado, a área de *Assembly*). Quando o lote chega à fase de teste eléctrico, é impresso e anexado o *Lot Traveller* de Teste, que tem todos os valores necessários a esta operação. Os dados de teste não são incluídos na primeira folha por serem muito extensos.

Estes dois *Lot Travellers* conjuntamente com outros registos, tais como certificados de conformidade no teste eléctrico retirados do sistema na operação de Teste, constituem a documentação completa de cada lote. Possibilita-se, assim, a reconstituição do processo específico de qualquer lote, questão essencial para determinar as causas de possíveis defeitos.

É ao gerar os *Lot Travellers* que os lotes de produção passam a existir no sistema de controle da produção, denominado SMS, aparecendo no *Online* e na *Shopping List*.

SMS

O sistema SMS gere e armazena, entre outra, toda a informação acerca dos lotes de produção que se encontram em curso de fabrico e gera, de duas em duas horas, o *Online* e a *Shopping List*.

O *Online* dá informação acerca do nível de *Work in Process* (WIP) real em cada área e sobre o desvio relativamente ao ideal.

A *Shopping List* indica quais os lotes prioritários em função do tempo de processo que já têm no global da linha e do tempo na área onde se encontram. Deste modo, as operadoras têm informação acerca dos lotes que devem ser privilegiados de modo a obter o menor valor de *Cycle Time* global.

De modo a ter em SMS a localização dos lotes, quando um lote passa de uma operação para a seguinte a operadora transfere informaticamente o lote num computador ligado ao SMS, executando a chamada "Venda".

Cycle Time

O *Cycle Time* é definido como o tempo entre a criação do lote de produção no sistema SMS, nos *Starts*, e a sua facturação aquando do *Shipping*, ou expedição. Este é um dos parâmetros que é usado na TISEP para medir a performance da manufactura.

De notar que não existe nenhuma regra que indique aos *Starts* a ordem pela qual devem ser lançados os lotes de diferente tipo de material ao longo da semana, deixando à sensibilidade de quem executa a operação a importante tarefa de a definir. Normalmente, os supervisores da linha, conforme o *mix* de produtos em curso de fabrico, vão dando indicações acerca dos lançamentos adequados.

Em seguida, com a operação de *Die Prep*, inicia-se o processo de transformação física dos lotes.

3.1.4 Die Prep

Esta operação permite a individualização dos *Dies*. Para tal, a *Wafer* é colocada sobre um *Foil* (película plástica), estendido sobre uma armação metálica, e curada para garantir a sua fixação. Diz-se então que a *Wafer* está montada. Seguidamente, serra-se a *Wafer* em profundidade em duas direcções perpendiculares individualizando os *Dies*. Estes mantêm-se coesos por estarem presos ao *Foil*. A armação metálica permite o manuseamento da *Wafer*.

Nesta fase a operadora pinta com uma caneta os bordos da *Wafer* cujos *Dies* não estejam assinalados como incompletos de modo a não serem processados pela fase seguinte, o *Mount*.

3.1.5 Mount

As *Wafers* já montadas são fixadas pela armação à mesa da *Mounter*. Esta máquina deposita *epoxy* sobre os *Die Pads* dos *Lead Frames*, onde um braço transportador irá colocar os *Dies* que retira das *Wafers*.

Lead Frames

É uma fita metálica, em Paládio no caso de produtos SSOP, que serve de suporte ao *Die* e a partir do qual são posteriormente formados os pinos.

A zona do *Lead Frame* sobre a qual são colocados os *Dies* denomina-se *Die Pad*, que se dispõem em matriz de 3 por 10, no caso dos 48 pinos, ou 3 por 8, no caso de 56 pinos.

Um *Die Pad* é um pequeno rectângulo de metal que está ligado ao resto do *Lead Frame* no sentido perpendicular aos *Leads*, tiras metálicas que darão origem aos pinos.

Os *Lead Frames* à saída da *Mounter* ficam armazenados em magazines, que têm capacidade para um total de 20. Cada lote tem até 4 magazines, que são transportados dentro de uma *Lunch-box*.

De notar que nenhum dos *Dies* pintados, ditos “*Dies* vermelhos” são processados. De facto, ficam sobre o *Foil* (que no final do processo se denomina cadáver) que é posteriormente destacado da armação e desperdiçado.

Nesta fase a operadora tem a função de detectar possíveis defeitos tais como a *epoxy* ou o *Die* mal colocados.

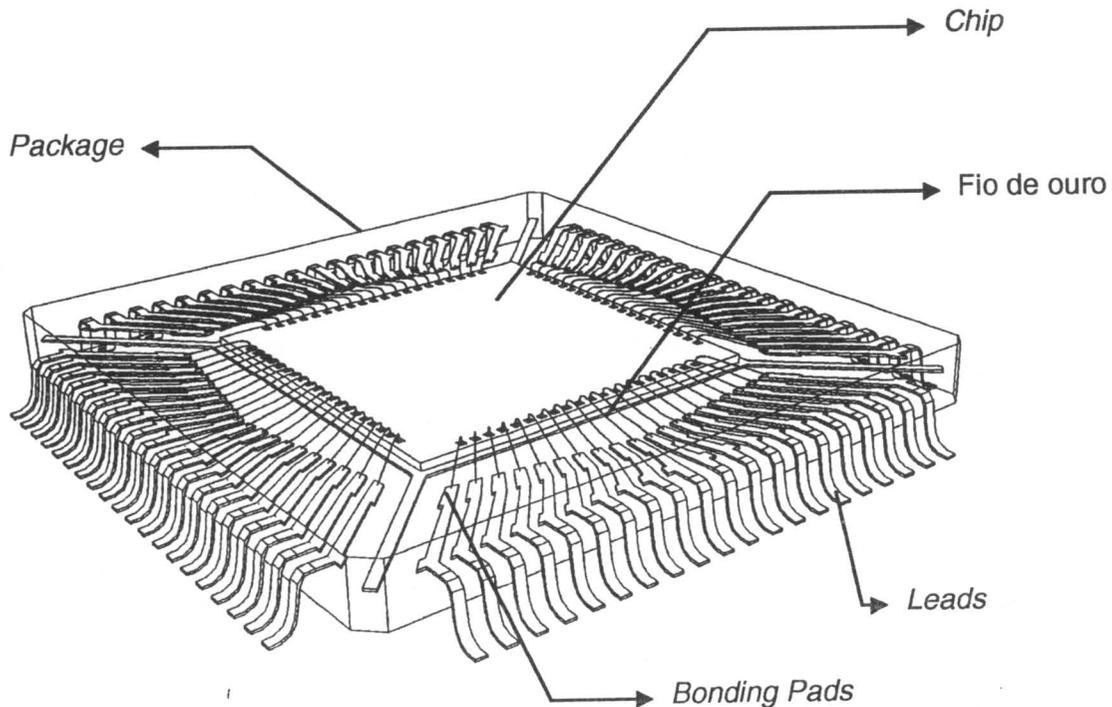


Figura 3.3 Imagem de um circuito integrado com os seus componentes .

3.1.6 Bond

De modo a garantir a fixação dos *Dies*, a *Bonder* tem um mecanismo denominado *Rapid Cure Process* (RCP) que aquece cada *Lead Frame* individualmente.

Após cerca de dois minutos de cura, faz-se a ligação por arco eléctrico com fio de ouro entre os contactos do *Die* e os *Bonding Pad's* do *Lead Frame*, parte final dos *Leads*.

Esta é a única ligação entre o *Chip* e os pinos, uma vez que apesar de tanto o *Die* como o *Lead Frame* serem condutores, a *epoxy* tem a dupla função de fixar o *Die* e de o isolar electricamente do *Lead Frame*.

O número de fios não é necessariamente igual ao número de pinos, podendo tanto ser maior como menor, dependendo das características do *Device* e das especificações do cliente. De facto, quando alguns pinos não vão ser necessários, e por o fio de ouro ser caro, não se fazem as suas ligações. Por outro lado, quando alguns pinos vão estar sujeitos a tensões ou correntes mais elevadas, em vez de uma só ligação a fio de ouro fazem-se mais.

As *Bonders* fazem o alinhamento automático através de uma câmara, e possuem um microscópio que permite à operadora verificar o modo como estão a ser executadas as ligações. São também feitas várias inspecções num outro microscópio a *Lead Frames* já processados.

As operadoras quando detectam algum defeito de formação da ligação, quer por falta de aderência quer por estarem mal posicionadas, destroem os fios de modo a que a unidade seja rejeitada aquando da operação de Teste.

Seguidamente, o lote é envolvido em plástico anti-estático de modo a ser transportado das salas controladas para a zona de *Mold*, situada numa sala não controlada. Nesta fase, é ainda necessário prevenir possíveis contaminações devidas aos fios de ouro estarem expostos.

3.1.7 Mold

Nesta fase procede-se ao encapsulamento das unidades com *Mold Compound*, dando origem ao *Package*. Tanto o *Chip* como os fios de ouro são totalmente cobertos.

Mold Compound

Polímero não condutor de corrente mas dissipativo de temperatura.

Package

Plástico que cobre o circuito integrado.

O *Mold Compound* é pré-aquecido no *Pré-Heater* e colocado manualmente no alimentador da prensa. O *Autoloader* faz a distribuição automática dos *Lead Frames*

no transportador. Uma vez preenchido, a operadora coloca-o na prensa hidráulica que faz a injeção do *Mold Compound*. A posição de cada *Lead Frame* no transportador, bem como a identificação do transportador usado, ficam registados na parte inferior do *Package*, de modo a possibilitar a detecção de possíveis defeitos no molde.

O sistema de alimentação é retirado manualmente pela operadora e o sistema de gitagem pelo *Degator*. Os *Lead Frames* são inspeccionados enquanto a operadora os coloca nos magazines.

Esta operação é a que utiliza mais intensivamente os recursos humanos já que exige a presença permanente de uma operadora.

Nesta fase só as unidades incompletas (com falta de plástico ou com bolhas) ou sem *Bar* (em que o *Die* aparece sobre os pinos) é que são individualizadas e desperdiçadas.

De modo a curar o plástico, os lotes são aquecidos em fornos durante 4 a 5 horas.

3.1.8 Símbolo

Em seguida procede-se à identificação (no *Package*) do símbolo, constituído pelo logotipo da Texas e pelo código que identifica o circuito que está a ser processado e a data.

O símbolo é gravado numa máquina Laser com a imagem obtida pela sobreposição de máscaras (pequenas placas em vidro ou aço inox) e reduzida três vezes.

Caso ocorram defeitos de simbolização, as unidades são consideradas desperdício sem hipóteses de recuperação. No entanto, caso haja algumas que não tenham sido de todo marcadas, a operadora programa a máquina para simbolizar apenas essas unidades, dando origem a uma operação de *Rework* ou reprocessamento.

3.1.9 Trim&Form+Singulate

Os lotes passam depois à máquina que executa as operações de *Trim*, *Form* e *Singulate*, dando a forma final às unidades.

Em *Trim* corta-se a união entre os *Leads* (parte do Lead Frame que vai dar origem aos pinos) e diminui-se o seu comprimento. *Form* é o processo de dobragem dos *Leads* na forma pretendida e que ocorre por sucessivas prensagens. Por fim, individualizam-se as unidades (*Singulate*).

A partir deste ponto as unidades são transportadas em placas metálicas com carris.

No início do processamento e a meio do lote são feitas várias inspecções em que se observam os pinos de modo a detectar malformações e distorções.

3.1.10 Burnin

Burnin consiste na simulação do envelhecimento de 200 unidades de cada lote de *Wafers*. Para tal, as unidades são colocadas individualmente em *Burnin Boards*, placas onde ficam seguras por molas e ligadas a um circuito. São depois colocadas num forno especial para *Burnin* que activando os circuitos das placas, mantém as unidades em funcionamento à temperatura de 125 graus Celcius e durante 72 horas.

Seguidamente as 200 unidades são testadas, não podendo nenhuma falhar para qualificar o lote de *Wafers*.

O primeiro lote de produção originado por um determinado lote de *Wafers* é o que faz *Burnin*, e é denominado de *Pilt*.

3.1.11 Teste

Nesta fase as unidades já têm a sua forma final, sendo no entanto necessário identificar as unidades electricamente boas.

Cada *Parent* pode ser testado no máximo com seis programas de teste: a ambiente e/ou a alta temperatura, *Quality Control* (QC) ambiente e/ou temperatura e testes de confirmação destes últimos.

Os testes normais são feitos a todas as unidades do lote. Os testes QC só se fazem a 315 unidades (que passaram no teste anterior) por lote, que são escolhidas por

amostragem aleatória. Os testes de confirmação fazem-se às unidades rejeitadas nos testes QC.

Todos os programas de teste estão nas Testers que são grandes computadores ligados cada um a duas Handlers, máquinas que manuseiam as unidades e as segregam em boas e rejeitadas. Podem ocorrer cinco tipos de rejeições: continuidades, funcionais, paramétricas, Bent Leads (pinos tortos) e rejeitadas de QC. Só as unidades rejeitadas por Bent Leads podem ser recuperadas.

Unidades que passem o mesmo teste não são necessariamente iguais pois nem todas as funções do *chip* nem todos os intervalos de corrente são testados.

Nos lotes em que o resultado de testar a unidade na posição correcta e na inversa é igual, é necessário inspeccionar o símbolo de todo o lote de modo a prevenir misturas de unidades de lotes diferentes. De notar que lotes diferentes têm forçosamente símbolo distinto. É importante que não haja unidades ao contrário para diminuir a hipótese de erros no cliente, visto que as empresas fabricantes de placas têm a sua montagem automatizada. Por outro lado, como alguns pinos são reforçados devido às maiores tensões ou correntes a que vão estar sujeitas, quando o *chip* é colocado na placa na posição inversa, o pino reforçado vai estar numa posição diferente e o que está na posição que exige reforço não o é.

Cerca de 18% dos lotes são embalados em tubos e colocados em caixas, indo deste modo para o cliente. A passagem das unidades para tubos faz-se logo à saída das *Handlers*. Os restantes lotes saem das *Handlers* em placas idênticas àquelas em que estavam antes, mas mais curtas e executam posteriormente a operação de *Pack*.

3.1.12 Bake

Para alguns Parent, por exigência do cliente, é necessário garantir um baixo nível de humidade. Para tal, procede-se à desumidificação das unidades após o teste eléctrico.

Durante 8 horas, os lotes são mantidos à temperatura de 150 graus centígrados, ao fim das quais têm um determinado prazo para serem embalados em *Dry Pack*.

Dry Pack

Esta operação ocorre aquando no *Shipping* e consiste em envolver hermeticamente em plástico as bobines de material originadas em *Pack*.

3.1.13 Pack

As máquinas de *Tape&Reel* colocam as unidades em alvéolos de uma fita que é coberta por uma película transparente, o *cover* e posteriormente enrolada numa bobine.

Cada bobine é etiquetada e embalada individualmente numa caixa identificada com uma etiqueta igual.

As *Tape&Reel* fazem inspecção por *Bent Leads* (pinos tortos), segregando as unidades más que as operadoras corrigem manualmente.

3.1.14 Inspeção de QC

Todos os lotes são inspeccionados, incluindo verificação cuidada do *Lot Traveller* feita pelo departamento de controle de qualidade.

3.1.15 Shipping

Os lotes que fizeram *Bake* são embalados em *Dry Pack*, operação referida em *Bake*.

Finalmente, é feita a facturação e o empacotamento e acondicionamento dos lotes de modo a serem transportados via avião para o distribuidor.

3.2 Fases Modeladas

Foram objecto de estudo as fases de *Mount* a *Pack* inclusive.

De facto, o *Cycle Time* é contabilizado a partir dos *Starts* pois é a fase iniciada quando surge a procura de determinado produto e até à fase de *Shipping*.

Contudo, como tanto as fases de *Starts* e *Die Prep* como as de Inspecção de QC e *Shipping* não funcionam durante os três turnos e ocupam uma muito pequena parcela de operadoras e equipamento, não foram consideradas.

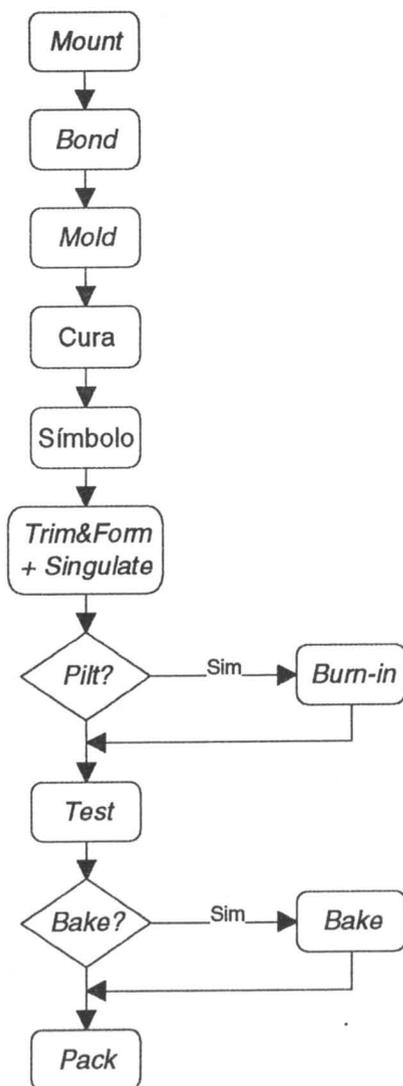


Figura 3.4: Fases do processo SSOP modeladas em Testsim/X.

4. Simulação

Caracterização da simulação como método de análise e do Testsim/X como ferramenta de simulação

4.1 Método de análise

Recorre-se a um modelo de modo a poder experimentar diversas opções sem intervir no mundo real, criando para o substituir uma imagem mais ou menos aproximada, de acordo com os objectivos e limitações existentes.

4.1.1 Simulação

A simulação permite a análise de sistemas complexos, dinâmicos e estocásticos. Tal é conseguido complementando dados estáticos e relações matemáticas com a gestão de acontecimentos que incorpora o tempo e a incerteza, ou aleatoriedade.

A modelação do tempo é feita através da reprodução da sucessão de estados pelos quais o sistema passa ou pode passar, tornando o modelo dinâmico. Os resultados obtidos dependem, deste modo, da sequência das operações.

A incerteza ou aleatoriedade permite à simulação reflectir de um modo mais correcto a variabilidade que existe no mundo real. Deste modo, a simulação prediz mais correctamente o comportamento dos sistemas de manufactura reais que modelos estáticos tais como folhas de cálculo.

Trata-se de um método que relaciona diversas variáveis e gera diversas estatísticas de descrição do comportamento do modelo exigindo um grande esforço computacional. É portanto natural que, com a grande evolução em termos de poder de computação, seja cada vez mais viável recorrer a esta ferramenta de análise.

4.1.2 *Seleção*

No caso do projecto de estágio seria necessário recorrer à simulação, uma vez que se pretendia estudar o efeito do número de operadoras e equipamento na produção global, o que inclui a definição de filas de espera de pessoas e máquinas, e a aleatoriedade das falhas e assistências do equipamento.

Por outro lado, a quantidade de variáveis era considerável e as relações entre elas e os resultados não eram explicitáveis.

Os recursos estavam disponíveis, quer em termos de *Hardware*, através de uma estação SUN, quer em termos de *Software*, na forma do *Package Testsim/X* desenvolvido especificamente para a indústria de semicondutores.

4.2 Testsim/X como Ferramenta de Simulação

O Testsim/X é uma ferramenta de simulação que usa a abordagem dos acontecimentos, modelizando as mudanças de estado do sistema.

4.2.1 Gestão dos Acontecimentos

O Testsim/X mantém uma lista dos acontecimentos planeados, tais como fins de processo, falhas de equipamento, reparações ou lançamentos de lotes.

À medida que os acontecimentos decorrem, o estado da fábrica modelada muda, estatísticas vão sendo recolhidas e novos acontecimentos são agendados. A frequência destes acontecimentos é controlada por variáveis definidas pelo programador, tais como taxa de lançamento de lotes, taxas de falhas e especificações do processo. As estatísticas recolhidas são organizadas em relatórios.

4.2.2 Regras de Gestão do Fluxo de Lotes

Em Testsim/X os produtos são gerados em lotes, dirigem-se a filas de espera de recursos e desviados para o equipamento com base em *Dispatch Rules* (definem a ordem pela qual os lotes devem ser processados, por exemplo *First In First Out*), *Load Rules* (indicam por exemplo se lotes de diferente material podem ser processados conjuntamente), e *Setup Rules* (permitem dar prioridade a lotes que não precisem de alterações de *Setup* do equipamento).

4.2.3 Complexidade vs Precisão

Em Testsim/X, pela diversidade de funções e parâmetros de simulação que estão disponíveis, há por vezes a tentação de modelar em pormenor cada detalhe, de modo a nos aproximarmos o máximo à realidade. Contudo, esta não é a solução mais adequada pois para além de ser mais demorado correr o modelo, perde-se a facilidade de manuseamento necessária às experiências de diferentes políticas.

Por um outro lado, para que as estatísticas recolhidas tenham significado, é importante definir todos os parâmetros considerados críticos relativamente ao objectivo definido.

É então necessário estabelecer um compromisso entre complexidade e precisão.

4.2.4 Construção de modelos

Neste relatório tentou-se dar uma visão genérica do método seguido, usando para ilustração um exemplo de cada tipo, em vez de descrever exaustivamente e para cada área a sua modelização.

4.3 Mapas de Entrada de Dados

Foram criadas folhas em Excel com todos os parâmetros que existem no programa e incluíram-se as restrições e características consideradas relevantes. Foram posteriormente classificados pelo grupo em que surgem, criando-se 4 “Fichas”: Processo, Produtos, Equipamento e Áreas&Turnos, ver Anexo 1.

Para os parâmetros que podem ser introduzidos em diferentes funções do programa, com implicações distintas na simulação, os seus dados foram consolidados num quadro cruzado Parâmetro/Ficha, ver Anexo 1.

Este trabalho revelou-se útil nos primeiros contactos com o modelo, permitindo uma mais rápida identificação e localização dos parâmetros, e uma melhor escolha dos locais onde os inserir.

5. Modelo *Schrink Small Outline Package*

Descrição do processo seguido no desenvolvimento do modelo de simulação em Testsim/X para a linha de produção de Schrink Small Outline Package

Para estudo da linha de produção de produtos Schrink Small Outline Package (SSOP), seguiram-se quatro fases genéricas:

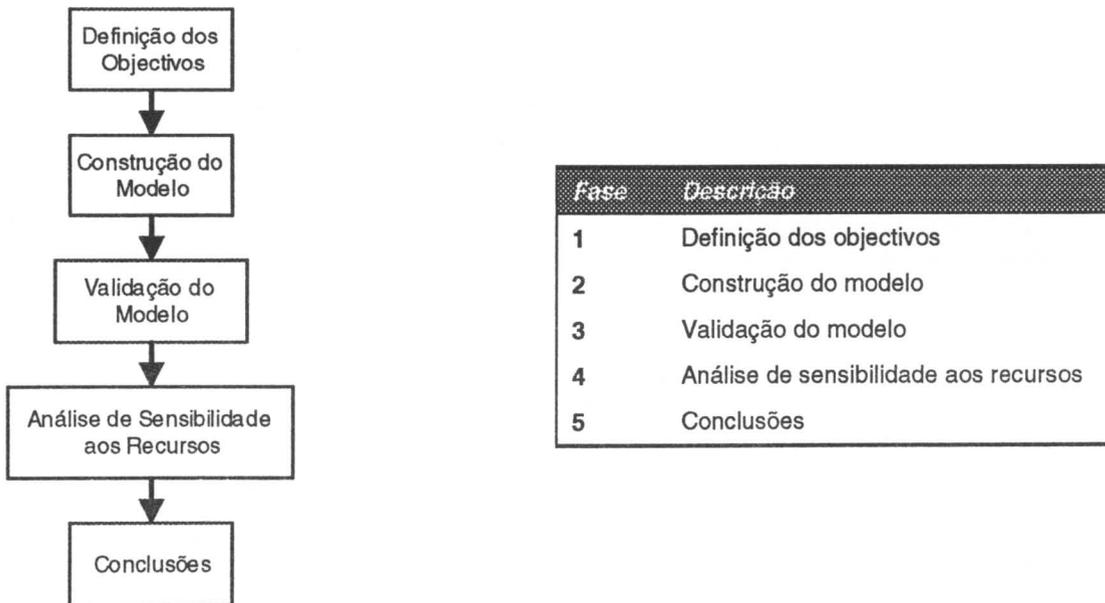


Figura 5.1: Fases da construção do modelo para a linha SSOP.

5.1 Definição dos objectivos

Tal como referido no primeiro capítulo, aquando da apresentação do tema de estágio, o objectivo foi o estudo da sensibilidade da linha SSOP ao número de recursos aí empregues, nomeadamente em termos de equipamento e pessoal.

5.1.1 Critérios de Avaliação

Tendo em conta o objectivo, os critérios de avaliação adoptados foram:

Critério
<i>Cycle Time</i>
Ocupação das operadoras
Capacidade de produzir o <i>Forecast</i>
Perdas de equipamento por falta de operadora
Ocupação do equipamento

Quadro 5.1 Critérios de avaliação da sensibilidade da linha SSOP.

Deste modo, foram identificados como críticos os seguintes parâmetros do modelo:

Parâmetros Críticos do Modelo	Descrição em:
Número de operadoras disponíveis e sua flutuação ao longo da semana.	5.2.1- Turnos/Pessoal
Tarefas que ocupam operadoras e/ou equipamento.	5.2.3- Processos
Capacidade das máquinas, expressa em termos de Partes por Hora.	5.2.2- Equipamento
Autonomia revelada pelos MTBA e MTTA.	5.2.2- Equipamento
Fiabilidade traduzida pelos MTBF e MTTR.	5.2.2- Equipamento

Quadro 5.2: Parâmetros identificados como críticos para o modelo SSOP.

5.1.1.1 Cycle Time

É o tempo gasto em média por um lote entre a primeira fase do processo e a última. O seu valor é directamente proporcional ao volume de *Work in Process* (WIP) e inversamente proporcional ao volume total produzido, traduzindo a fluidez da linha.

De facto, para uma mesma produção, um valor mais elevado de *Cycle Time* revela um maior volume de material em curso de fabrico, e para um mesmo volume em curso, um menor *Cycle Time* permite uma produção mais elevada. Esta particularidade é traduzida pela Lei de *Little*:

$$CycleTime = \frac{Material\ em\ curso}{Volume\ produzido}$$

O *Cycle Time* estará expresso na unidade de tempo a que o Volume produzido se referir.

5.1.1.2 Ocupação das Operadoras

Este critério é expresso em percentagem e refere-se ao tempo em que as operadoras estão efectivamente ocupadas quer a executar tarefas quer a assistir a equipamento, relativamente ao tempo total de turno excluindo as folgas. É, por isso, um critério essencial quando pretendemos estudar os efeitos da variação do número de operadoras.

5.1.1.3 Capacidade de produzir o *Forecast*

Por definição, *Forecast* é o número de unidades a produzir num determinado espaço de tempo e como tal, deve também servir de termo de comparação.

5.1.1.4 Perdas de equipamento por falta de operadora

As perdas de equipamento por falta de operadora representam a percentagem de tempo em que a máquina está parada por não haver nenhuma operadora disponível para a assistir, quer devido a paragens por MTBA quer por *Load* ou *Unload*.

5.1.1.5 Ocupação do equipamento

Percentagem de tempo em que o equipamento está efectivamente a produzir. É o critério de avaliação natural quando queremos estudar o impacto da variação do número de máquinas.

5.1.2 Avaliação de Cenários Alternativos de Operadoras

De modo a permitir a tomada de consciência das importâncias relativas entre os valores obtidos para um mesmo critério e entre critérios, criou-se um sistema de avaliação por pesos.

Assim, para cada critério referido em Quadro 5.1, classificou-se cada intervalo possível de valores numa escala de zero a três. Seguidamente, a cada critério atribuiu-se um peso. Além de tornar a escolha o mais objectiva possível, este método explicita os juízos de valor e as relações de troca entre critérios.

Os intervalos definidos para os critérios foram:

	Pontuação						
	0	1	2	3	2	1	0
Ocupação de Operadoras	<55 %	55% a 59%	60% a 64%	65%-74%	75%-80%		>80%
Perdas de Equipamento por Falta de Operadora			<5%	5% a 7.4%	7.5% a 10%		>10%
Cycle Time				Mínimo	Mínimo a 10% acima do Mínimo	10% a 25% acima do Mínimo	> 25% do Mínimo
Produção	<Forecast			Forecast			

Quadro 5.3 Distribuição dos valores para cada critério.

A ocupação das operadoras não deve ser superior a 80% pois não foi incluído o tempo destinado a treinos e reuniões, para além de nenhuma operadora poder ser ocupada a tempo inteiro por limitações humanas. Considera-se um valor óptimo entre 65% e 74%, com um desvio de mais ou menos 5% como aceitável. Menos de 55% não é aceitável por ser sub ocupação dos recursos.

As perdas de equipamento por falta de operadora não deverão ser superiores a 10%, considerando-se um valor óptimo entre 5% e 7.5%, com um desvio de 5%.

O Cycle Time não deve ser superior ao mínimo em mais de 25%, considerando-se ideal obter o mínimo e aceitável 10% acima.

Obviamente, tem que ser possível produzir o *Forecast* sendo considerado gravoso não haver capacidade para tal.

E a ponderação de cada critério foi:

	Peso do critério
Ocupação de Operadoras	2
Perdas de Equipamento por Falta de Operadora	2
<i>Cycle Time</i>	1
Produção	3

Quadro 5.4 Pesos relativos atribuídos aos diferentes critérios da avaliação relativa às operadoras.

O critério considerado mais importante foi a Produção. O seu valor máximo foi fixado em 110 mil unidades, valor corrente do *Forecast*, visto que estamos a estudar a situação com as exigências actuais de produção. Como há tendência para o seu aumento, considera-se que a solução encontrada deve, no mínimo conseguir produzir o *Forecast* actual.

Apesar de importante, decidiu-se que se poderia sacrificar um pouco o *Cycle Time*, caso trouxesse vantagens nos dois restantes critérios. Aliás, a Ocupação das Operadoras e as Perdas do Equipamento por Falta de Operadora são as medidas que mais directamente traduzem o factor de variação Número de Operadoras.

5.1.3 Avaliação de Cenários Alternativos de Equipamento

Visto que o equipamento de cada área é distinto, também os níveis óptimos de ocupação terão que ser diferentes:

	Pontuação						
	0	1	2	3	2	1	0
Ocupação das <i>Mounters</i>	<35 %	35% a 39%	40% a 44%	45%-54%	55%-60%		>60%
Ocupação das <i>Bonders</i>	<55 %	55% a 59%	60% a 64%	65%-74%	75%-80%		>80%
Ocupação das <i>Handlers</i>	<45 %	45% a 49%	50% a 54%	55%-64%	65%-70%		>70%
Ocupação das <i>Tape&Reel</i>	<35 %	35% a 39%	40% a 44%	45%-54%	55%-60%		>60%
<i>Cycle Time</i>				Mínimo	Mínimo a 10% acima do Mínimo	10% a 25% acima do Mínimo	> 25% do Mínimo

Quadro 5.5 Ponderação para avaliação de cenários alternativos relativamente a equipamento.

Como cada área tem dois tipos de equipamento (para *Assembly* existem as *Mounters* e as *Bonders*, e para *Test&Pack* as *Handlers* e as *Tape&Reel*), relativamente à ocupação de equipamento teremos dois valores, possivelmente distintos. Assim, se dermos peso igual a cada uma das ocupações e ao *Cycle Time*, temos na realidade peso 2 para a ocupação do equipamento e peso 1 para o *Cycle Time*, tal como considerado relativamente à ocupação das operadoras.

	Peso do critério
Ocupação do Equipamento	2
<i>Cycle Time</i>	1

Quadro 5.6 Pesos relativos atribuídos aos diferentes critérios de avaliação relativa a equipamento.

5.1.4 Separação entre Áreas

As três áreas de produção são distintas em termos de equipamento (não havendo para máquinas críticas a sua partilha entre áreas). Por outro lado, as operadoras estão

também afectas a uma só área. Assim, decidiu-se realizar a análise de sensibilidade separadamente para cada uma.

Para tal, após validar o modelo global, decidiu-se desdobrá-lo em três modelos parciais simulando o funcionamento separadamente de *Assembly*, *Finish* e *Test&Pack*.

O desvio que se incorre é considerar que cada área está a ser alimentada de um modo regular e pode enviar para a área seguinte tudo o que processar.

5.1.5 Abordagem

O número de operadoras e máquinas afectas criam diversas combinações possíveis, o que tornaria a análise exaustiva morosa e de difícil interpretação de resultados.

Dentro de cada área as operadoras são consideradas equivalentes, o que significa que todas elas podem realizar as mesmas tarefas. Quanto ao equipamento, existem no caso das áreas de *Assembly* e *Test&Pack* dois tipos distintos de equipamento e três no caso da área de *Finish*, ver Quadro 5.13.

Assim, optou-se por determinar inicialmente o número de operadoras ideal para o nível de equipamento existente. Posteriormente, para o valor encontrado combinou-se o número de máquinas de cada tipo de modo a verificar se aquele nível é adequado e, caso não seja, qual a combinação óptima de equipamento diferente em cada área.

5.1.6 Simplificação

Esta última análise não foi considerada relevante para a área de *Finish* porque, apesar de ter três tipos de equipamento diferentes, nesta área todas as máquinas têm uma capacidade muito elevada e, conseqüentemente, deverão ser pouco numerosas (ver Quadro 5.13). Deste modo, não havia dúvidas de que, para o nível de produção actual, a combinação é adequada, duas *Molders*, uma *Laser* e duas *Trim&Form+Singulate*.

5.1.7 Análises realizadas

Foram assim realizados dois estudos distintos:

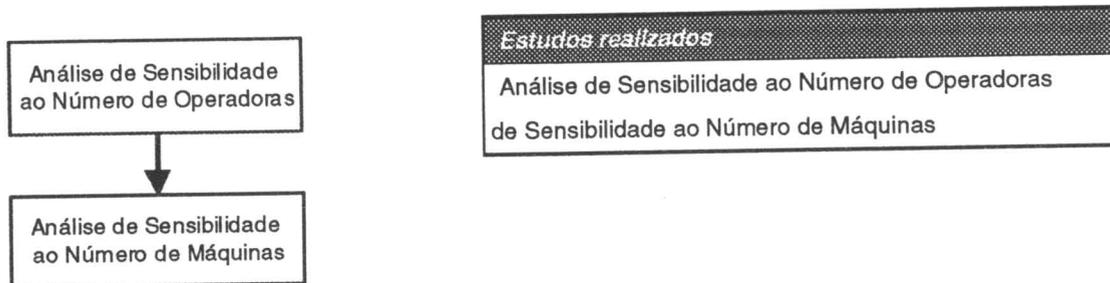


Figura 5.2 Análises realizadas para a linha SSOP.

Nos modelos de cada área foram realizados diversos “runs” para um número variável de operadoras e recolhidos os valores de *Work in Process*, produção total realizada e estatísticas de ocupação do equipamento, entre as quais a percentagem de tempo que as máquinas estão paradas devido à falta de operadora. Os parâmetros que foram escolhidos para critérios de avaliação foram expressos graficamente de modo a facilitar a análise.

Na análise referente ao equipamento, fizeram-se “runs” para várias combinações de equipamento, recolhendo estatísticas de *Cycle Time* e ocupação das máquinas.

5.1.8 Pressupostos

Por não ser possível, nem proveitoso, traduzir cada detalhe da realidade para o modelo, foram assumidos alguns pressupostos.

5.1.8.1 Folgas

Para que na análise de sensibilidade fosse obtida apenas a reacção ao número de operadoras definiram-se folgas iguais e espaçadas para cada uma delas. Estas folgas foram de 15, 40 e 15 minutos. Para além destas, definiu-se um intervalo de 10 minutos logo ao início do turno destinado à tomada de conhecimento do estado da linha.

5.1.8.2 Skills

Foi considerado que dentro de cada área as operadoras são igualmente habilitadas, realizando indiferentemente as diversas tarefas dessa área.

5.1.8.3 Absentismo e Trocas

Por ser considerado de impacto reduzido, tanto as faltas das operadoras como as suas trocas foram desprezadas.

5.1.8.4 Volume de produção

Como se pretendia o estudo da situação actual, considerou-se como objectivo a produção do *Forecast*, actualmente ao nível de 110 mil unidades por dia. Assim, mesmo em situações em que haja capacidade para produzir mais, este é o limite máximo de produção obtido por não se fazer mais lançamentos de material.

5.1.9 Opções de Simulação

Foi necessário definir ainda quais as condições em que iríamos correr o modelo. Deste modo, abre-se *Options* no menu principal, tal como em Imagem 5.1.

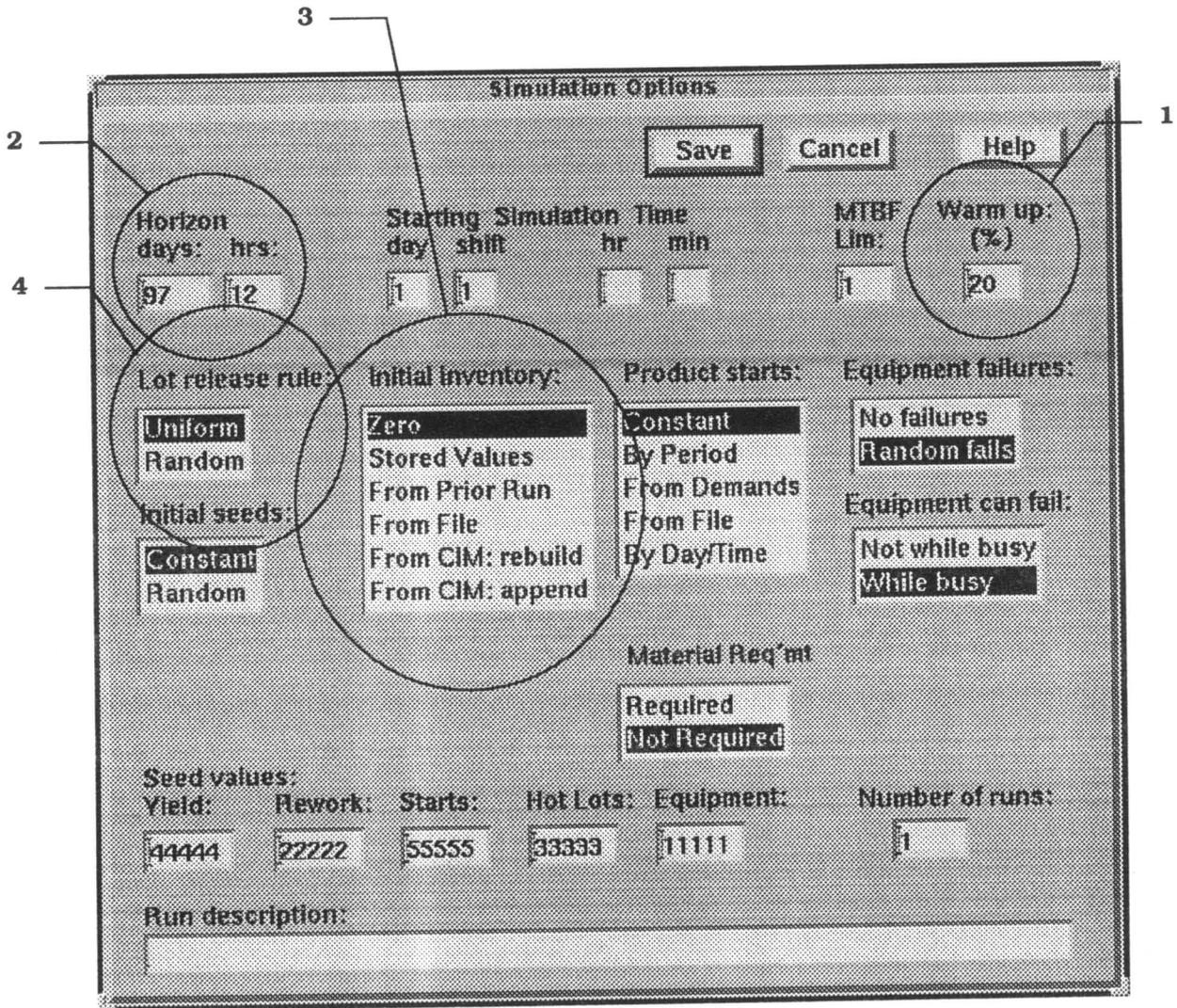


Imagem 5.1 Menu de definição dos "runs".

Definiu-se um tempo de *Warm Up* de 20% (Imagem 5.1, referência 1), o que significa que os primeiros 20% dos dias de simulação não são usados para cálculo das estatísticas.

Tencionando correr o modelo para três meses e considerando cada mês com 26 dias, ao considerar que 20 % do tempo que definirmos não é considerado, temos que o tempo a definir é de:

$$Tempo = \frac{3 \times 23}{1 - 0.2} = 97.5$$

o que resulta em 97 dias e 12 horas (Imagem 5.1, referência 2).

Optou-se por começar sem inventário em curso (Imagem 5.1, referência 3), e libertar os lotes de um modo uniforme ao longo do tempo (Imagem 5.1, referência 4), já que as flutuações são, em princípio, amortecidas na fase de *Starts*.

5.2 Construção do modelo

O modelo foi sendo construído gradualmente, à medida que se ia ganhando confiança e à vontade com o Testsim/X, pelo que inicialmente se desenvolveu uma versão simples, que foi aumentando de complexidade de modo a se aproximar cada vez mais da realidade. A sequência natural de definição dos parâmetros do modelo foi:

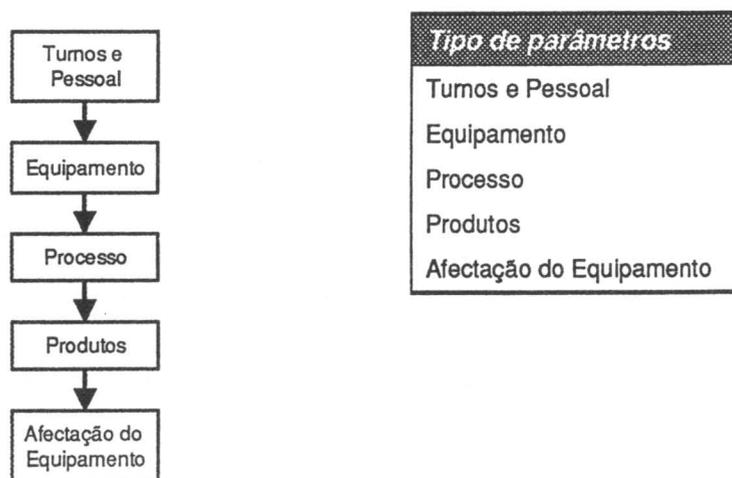


Figura 5.3 Sequência de definição de parâmetros.

5.2.1 Simplificações

Tendo em conta os objectivos definidos, foram também feitas algumas simplificações, de modo a não sobrecarregar o modelo com informação irrelevante para o estudo em causa.

De facto, o modelo de simulação ideal é aquele que consegue um nível de complexidade que equilibre a sua precisão para o objectivo definido com a facilidade de utilização.

5.2.1.1 Técnicos

Um dos pontos que inicialmente foi estudado e que mais tarde se abandonou foi a equipa de técnicos que dão apoio à linha, nomeadamente na resolução de problemas

derivados de MTBF, uma vez que a principal preocupação era em termos de operadoras. Ver Anexo 2: Estudo do Número de Técnicos.

5.2.1.2 Treinos e Reuniões

Estudaram-se também os treinos e reuniões que ocupam as operadoras em parte do tempo. Ver Anexo 2: Modelação de Treinos e Reuniões. No entanto, foram desprezados por se considerar que só são realizados treinos ou reuniões quando há pouco material na linha e se consegue facilmente compensar a paragem. Até porque existe um volume de produção que é preciso fazer por turno, o *Forecast*.

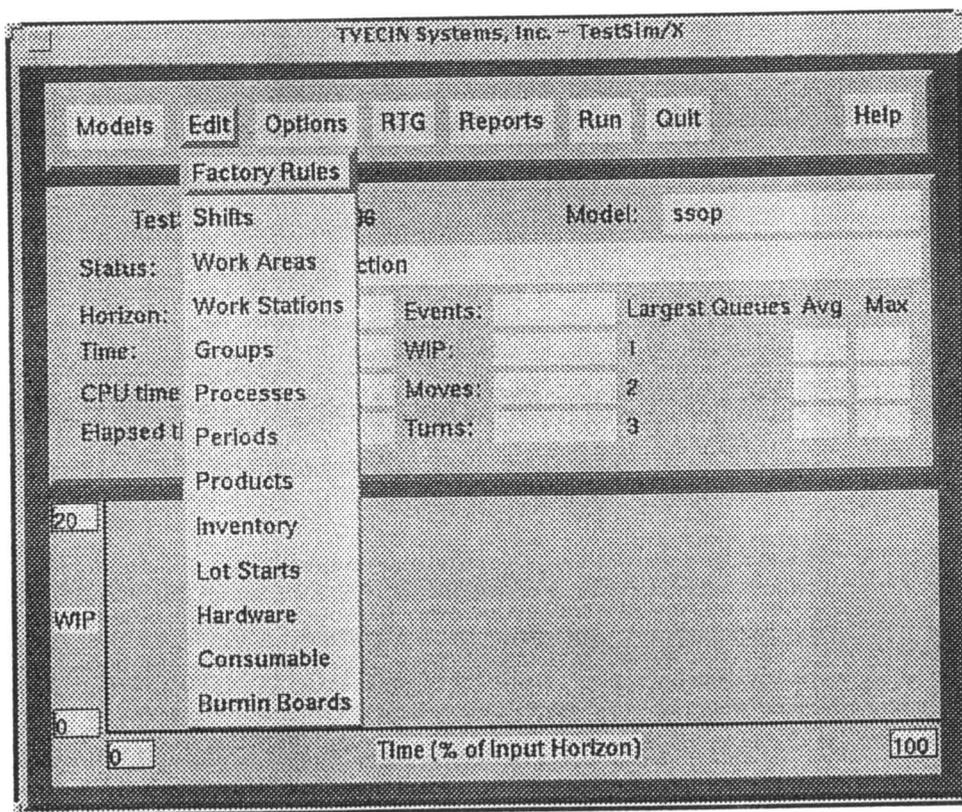


Imagem 5.2 Funções de definição dos parâmetros em Testsim/X.

5.2.1.3 Testsim/X

A modelação foi realizada recorrendo a uma ou mais das diversas funções disponíveis em *Edit* no menu principal (ver Imagem 5.2). Cada uma das funções dará posteriormente acesso a várias sub funções (ecrãs) relacionadas com a função escolhida.

Na modelação em Testsim/X não se usaram as funções *Periods*, *Inventory*, *Lot Starts* e *Consumable*. No caso das três primeiras, porque se encontraram sub funções que as substituíam, a última função referida não se encontrava disponível na versão utilizada.

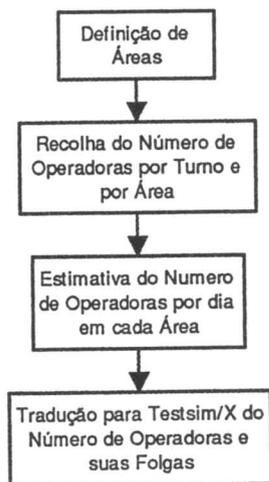
Seria possível criar um modelo em que o número de funções usadas fosse menor. Contudo, de modo a aproximarmo-nos da realidade é necessário tornar alguns parâmetros dependentes entre si, tal como acontece com o MTBA e a máquina em causa, ou a capacidade de processo de uma máquina e o produto que processa.

<i>Fase</i>	<i>Função</i>
Turnos e Pessoal	<i>Shifts</i>
	<i>Work Areas</i>
Equipamento	<i>Work Areas</i>
	<i>Work Stations</i>
	<i>Processes</i>
	<i>Hardware</i>
	<i>Burnin Boards</i>
Processo	<i>Process</i>
	<i>Products</i>
	<i>Work Station</i>
	<i>Hardware</i>
	<i>Burnin Boards</i>
Produtos Afectação do Equipamento	<i>Products</i>
	<i>Processes</i>
	<i>Products</i>

Quadro 5.7 Funções usadas nas diversas fases de construção do modelo.

5.2.2 Turnos e Pessoal

A este passo foi dedicada especial atenção por ser de grande importância para o objectivo do projecto, seguindo-se a sequência:



Fase	Descrição
1	Definição de áreas
2	Recolha do número de operadoras por turno e por área
3	Estimativa do número de operadoras por dia em cada área
4	Tradução para Testsim/X do número de operadoras e suas folgas

Figura 5.4: Método usado na modelação dos turnos e pessoal na linha SSOP.

5.2.2.1 Fase 1: Definição de áreas

As funções do Testsim/X permitem definir turnos globais para toda a linha, que se aplicam posteriormente a cada área definida, tal como em Imagem 5.2.

As áreas dão-nos a possibilidade de associar um grupo de equipamento a um conjunto de operadoras e técnicos que com ele estão habilitados a lidar.

Para tal, define-se o número de operadoras e técnicos de cada área (Imagem 5.4) e respectivas folgas, (ver Imagem 5.5), e define-se para cada tipo de equipamento a área a que pertence.

Assim, uma operadora (ou técnico) de determinada área não é chamada a executar tarefas associadas a equipamento de uma outra área. Ora, é exactamente esta situação que encontramos na linha SSOP.

Foram assim definidas as áreas de *Assembly*, *Finish* e *Tape&Reel* a que pertencerão os diversos tipos de equipamento, tal como em Quadro 5.7.

<i>Area</i>	<i>Equipamento</i>
Assembly	<i>Mounters</i>
	<i>Bonders</i>
Finish	<i>Molders</i>
	Fornos de Mold
	Laser
	Trim&Form+Singulate
Test&Pack	<i>Burnin</i>
	<i>Testers</i>
	<i>Handlers</i>
	Fornos de Bake
	<i>Tape&Reel</i>

Quadro 5.8 Áreas definidas na linha SSOP.

5.2.2.2 Fase 2: Recolha do número de operadoras por turno e por área

A TISEP funciona na manufactura num regime de três turnos:

<i>Turno</i>	<i>Início</i>	<i>Fim</i>
1	07:00	15:00
2	15:00	23:00
3	23:00	07:00

Quadro 5.9 Turnos.

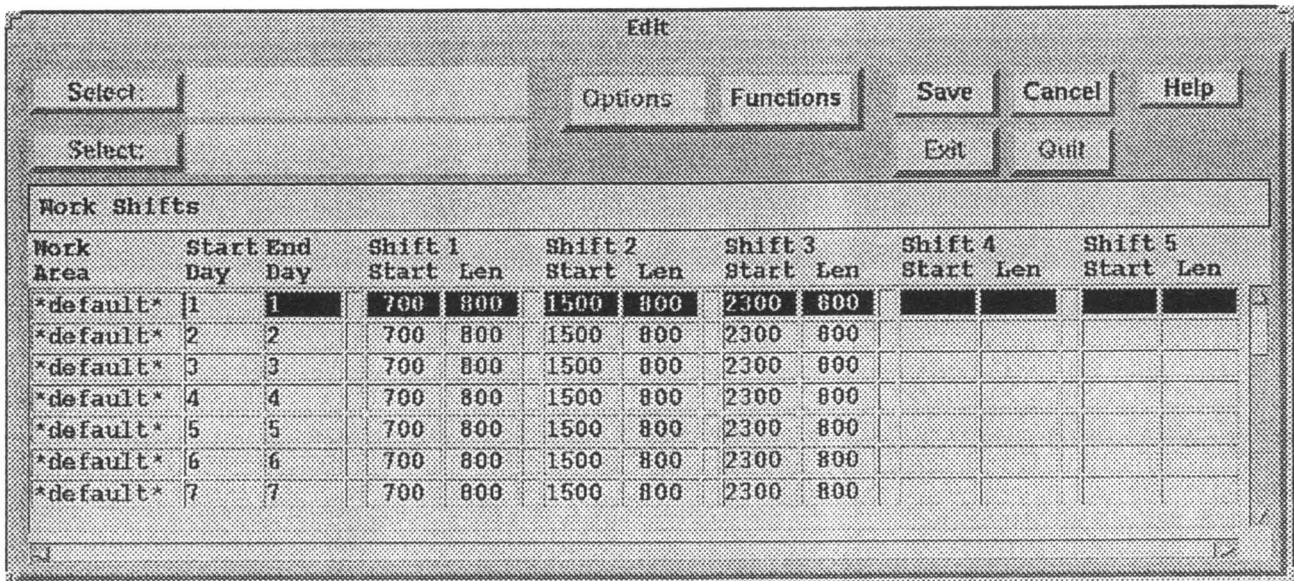
Estes turnos foram modelados em Testsim/X considerando cada dia da semana individualmente, tal como em Imagem 5.4.

O número de operadoras por turno foi retirado dos *Attendance*, folhas de registo de presenças das operadoras de cada turno e para cada linha. Seguidamente, inquiriram-se tanto as operadoras como os supervisores quanto à distribuição daquelas pelas áreas.

5.2.2.3 Fase 3: Estimativa do número de operadoras por dia em cada área

A TISEP desenvolveu um sistema complexo de horários que tenta uniformizar o número de pessoas em cada dia, o *Compressed Working Week* ou CWW (ver Anexo 2: *Compressed Working Week*).

Segundo este sistema, as operadoras estão divididas em quatro equipas: A, B, C e D que caso tenham o mesmo número de pessoas garante presenças constantes, pelo desfasamento das folgas.



The screenshot shows a software window titled "Edit" with a menu bar containing "Options", "Functions", "Save", "Cancel", and "Help". Below the menu bar are two "Select:" labels and buttons for "Exit" and "Quit". The main content is a table titled "Work Shifts" with the following data:

Work Area	Start End		Shift 1		Shift 2		Shift 3		Shift 4		Shift 5	
	Day	Day	Start	Len								
default	1	1	700	800	1500	800	2300	800				
default	2	2	700	800	1500	800	2300	800				
default	3	3	700	800	1500	800	2300	800				
default	4	4	700	800	1500	800	2300	800				
default	5	5	700	800	1500	800	2300	800				
default	6	6	700	800	1500	800	2300	800				
default	7	7	700	800	1500	800	2300	800				

Imagem 5.3 Definição dos turnos em Testsim/X na função Shifts.

Assim, transferiu-se para *Access* o mapa CWW para o mês de Março que foi o mês de referência definido à partida. Conjugando o CWW com o número total de operadoras em cada área, estima-se o número de presenças por dia da semana, factor considerado mais relevante em termos de distribuição de número de operadoras disponíveis na linha.

De notar que é apenas uma estimativa por poderem ocorrer trocas e/ou faltas, situações que o Testsim/X não simula, nem haveria interesse em simular.

Por exemplo, para a área de Assembly:

Turno	Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
1	2	3.75	3.75	3.75	3.75	3.6	3.6
2	3	5.25	5.25	5.25	5.25	5.4	5.4
3	2.2	3.75	3.75	3.75	3.75	3.8	3.8

Quadro 5.10 Número médio de operadoras em Assembly SSOP por dia da semana. A situação assinalada é a que vai servir de exemplo nos pontos seguintes.

5.2.2.4 Fase 4: Tradução para Testsim/X do número de operadoras e suas folgas

Como o número médio de pessoas não é sempre um número inteiro ao longo da semana e para os vários turnos, resolveu fazer-se uma aproximação usando as folgas.

Calcularam-se as horas de disponibilidade médias multiplicando por sete o número médio de operadoras obtido (já que cada operadora na realidade tem dois intervalos por dia, de 20 e 40 minutos respectivamente, o que retira uma hora às oito de cada turno).

Número médio de Operadoras	Horas de disponibilidade médias	Operadoras em Testsim/X	Horas máximas de disponibilidade	Folgas (min)	Tempo de folga por operadora
2	14.00	2	16	120	60
2.2	15.40	2	16	36	18
3	21.00	3	24	180	60
3.6	25.20	4	32	408	102
3.75	26.25	4	32	345	86.25
3.8	26.60	4	32	324	81
5.25	36.75	5	40	195	39
5.4	37.80	5	40	132	26.4

Quadro 5.11 Determinação do número de operadoras e folgas a inserir no Testsim/X para a área de Assembly.

Seguidamente, determinou-se o menor número de Operadoras-Testsim necessário para modelar estas horas tendo em conta que os turnos foram definidos em Testsim/X de oito horas cada. Portanto, cada Operadora-Testsim estaria no máximo 480 minutos

disponível. Assim, haveria tantas Operadoras-Testsim quantos múltiplos de oito nas Horas de Disponibilidade Médias.

As Horas de Disponibilidade Máximas são o produto do Número de Operadoras-Testsim por oito.

A diferença entre este valor e o das Horas de Disponibilidade Média representa a folga a modelar e faz o ajuste entre as horas totais disponíveis para o número de Operadoras-Testsim considerado e o Número Médio de Operadoras.

Vemos assim que no caso de 2 ou 3 operadoras, a modelação coincide com a realidade de folgas, ou seja, 60 minutos por operadora. Para os restantes, as folgas vão ser modeladas maiores ou menores de modo a resultar na mesma disponibilidade.

Os valores do Quadro 5.10 são então traduzidos de acordo com Quadro 5.11 e preenchidos em Testsim/X como apresentado em Imagem 5.2.

Edit

Area: Assembly Options Functions Save Cancel Help

Shift: 1-1 07:00 Exit Quit

Operators by Shift											
Start Day	End Day	Shift 1		Shift 2		Shift 3		Shift 4		Shift 5	
		Start	Count								
1	1	0700	4	1500	5	2300	4				
2	2	0700	4	1500	5	2300	4				
3	3	0700	4	1500	5	2300	4				
4	4	0700	4	1500	5	2300	4				
5	5	0700	4	1500	5	2300	4				
6	6	0700	4	1500	5	2300	4				
7	7	0700	2	1500	3	2300	2				

Imagem 5.4 Definição do número de operadoras por turno em Testsim/X na função Areas, sub função Operators by Shift.

Seguidamente, basta criar o mapa de folgas para cada turno e para cada dia da semana, ver Quadro 5.12, e inseri-lo em Testsim/X, ver Imagem 5.4.

# Operadora	Início	Duração	Início	Duração	Início	Duração
1	2:00	20	4:00	40	0:30	27
2	2:00	20	5:00	40	1:30	26
3	2:30	20	6:00	40	7:00	26
4	3:00	20	6:00	40	7:30	26

Quadro 5.12 Mapa de folgas para a situação de 3.75 operadoras. Início é o número de horas após o início do turno ao fim do qual ocorre a folga. Duração é a duração da folga em minutos.

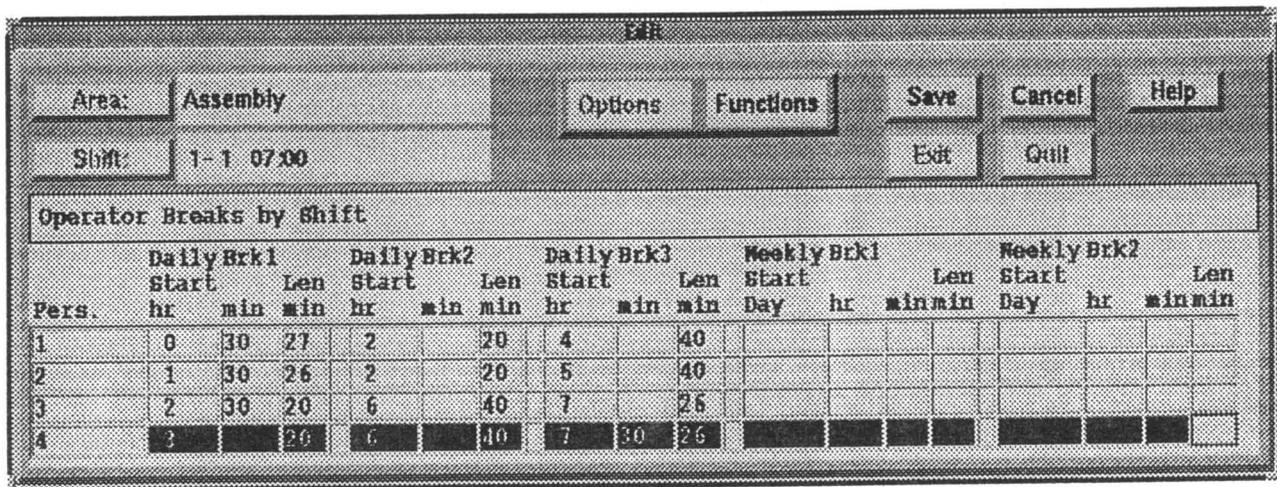


Imagem 5.5 Definição das folgas das operadoras em Testsim/X na função Areas, sub função Operator Breaks by Shifts. Exemplo para o turno das 7 horas para o dia 1, segunda-feira que deve ter em média 3.75 operadoras.

Para minimizar desvios, foram criadas duas folgas de 20 e 40 minutos, separando-se numa terceira folga o tempo marginal que equilibra as horas disponíveis com as médias calculadas de acordo com Quadro 5.10.

5.2.2 Equipamento

Cada conjunto de máquinas que executam o mesmo tipo de operação denomina-se, em Testsim/X, *Work Station*. No nosso caso, estas coincidem com o tipo de equipamento referido aquando da descrição da linha SSOP.

Work Station Definition

Save Cancel Help

Work Station ID: 2-Bonders Work area: Assembly

Equipment ID: none Type: General Purpose

Max queue time (hr):

Load time (min): 3

Unload time (min): 7

MTBF (hr): Exp, 20.8

MTH (hr): Con, 0.75

MTBA (min): Con, 18.53

MTTA (min): Con, 1

Process delay (min): Use factory specification

Max. Eq./Operator: 1

Minimum Part Split:

Equipment load rule: Use higher level rule

Equipment setup rule: Product match if possible

Dispatch rule: Use higher level rule

Factory lookahead rule: Suspend/Resume

Equipment fail rule: Use simulation option

Lookahead/lookbehind: none

Imagem 5.6 Definição da Work Station Bonders na função Work Stations, em Work Stations Definition.

5.2.2.1 Definição das Work Stations

Na função *Work Stations* em *Work Station Definition* (ver Imagem 5.6), criamos as *Work Stations*, definindo os parâmetros que caracterizam o equipamento a que se referem.

Work Area

Em primeiro lugar deve-se definir a área a que pertence este tipo de equipamento, de modo a afectá-las às operadoras de determinada área (Imagem 5.6, referência 1).

Load e Unload

Os valores de Load e Unload (Imagem 5.6, referência 2) representam tempos fixos de ocupação de operadora no início e no fim do processamento na máquina, respectivamente. No entanto, não é tempo adicionado ao de processo mas sim incluído, segundo o esquema da Figura 5.5. Estes valores foram determinados aquando da definição do processo.

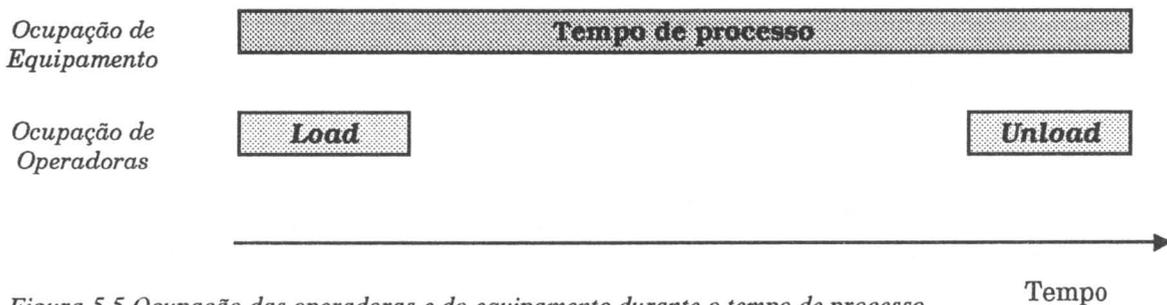


Figura 5.5 Ocupação das operadoras e do equipamento durante o tempo de processo.

MTBF, MTTR, MTBA, MTTA

Existe a possibilidade de definir estes valores (Imagem 5.6, referência 3) para todas as máquinas de uma mesma Work Station ou aquando da definição de cada máquina per si.

Rules

Para cada Work Station podem-se definir variadas regras (ver Imagem 5.6, referência 4), entre outras, de Setup, Load e sequenciamento.

Seguidamente, fez-se um inventário do número de máquinas de cada tipo na linha e criaram-se em Testsim/X as máquinas para cada *Work Station*.

<i>Tipo de Equipamento</i>	<i>Número de máquinas</i>
<i>Mounter</i>	5
<i>Bonder</i>	15
<i>Molder</i>	2
<i>Laser</i>	1
<i>Trim&Form+Singulate</i>	2
<i>Tester</i>	5
<i>Handler</i>	10
<i>Tape&Reel</i>	3

Quadro 5.13 Inventário de equipamento na linha SSOP.

Em seguida determinaram-se os parâmetros que caracterizam o funcionamento das máquinas.

<i>Parâmetro</i>	<i>Descrição</i>
PPH	Partes produzidas por hora
MTBF	Tempo médio entre reparações (executadas por técnicos)
MTTR	Tempo médio para reparar
MTBA	Tempo médio entre assistências (executadas por operadoras)
MTTA	Tempo médio para assistir

Quadro 5.14 Parâmetros críticos do equipamento.

Estes parâmetros críticos foram na sua maior parte estimados com base em recolhas feitas na manufactura.

5.2.2.2 PPH: Partes por hora

Os PPH utilizados para Testsim/X têm que traduzir a capacidade máxima do equipamento, e não a realmente utilizada (já que esta será reflectida pela simulação).

Deste modo, para todo o equipamento de *Finish* e Test&Pack foram cronometrados os tempos parciais de processamento que combinados estimam o PPH pretendido. Ver Anexo 3: Cálculo de Capacidade do Equipamento.

O método seguido foi o seguinte:

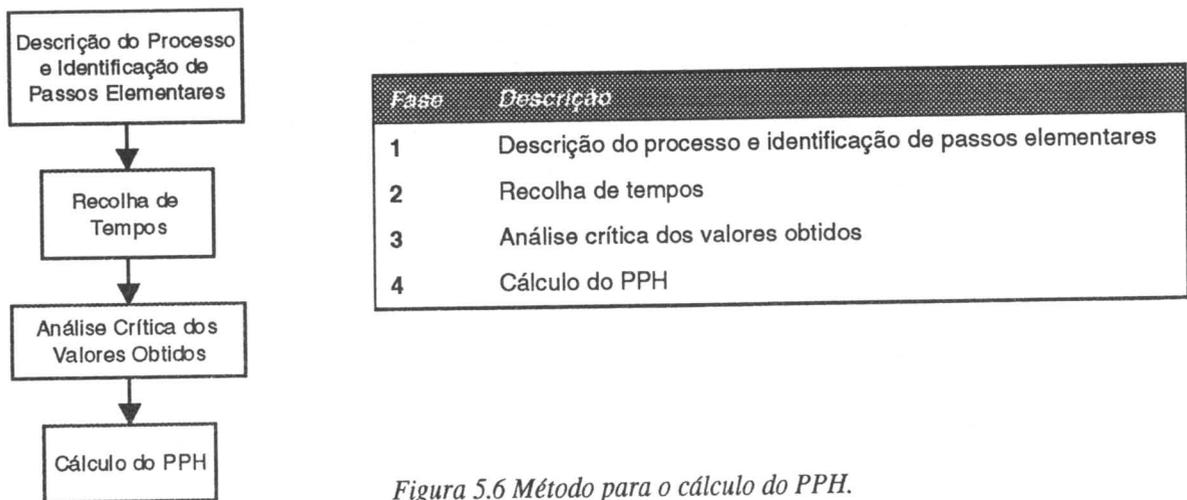


Figura 5.6 Método para o cálculo do PPH.

Como ilustração será usada a operação de Simbolização.

5.2.2.2.1 Fase 1: Descrição do processo e identificação de passos elementares

No processo de simbolização, a operadora coloca todos os magazines de um lote na *Laser*.

A máquina vai retirando um *Lead Frame*, ou fita, de cada vez. Simboliza-o e coloca-o de novo no magazine, passando ao seguinte. Quando todas as fitas de um magazine estão simbolizadas, muda automaticamente de magazine, repetindo o processo de simbolização.

O processo de simbolização foi então, decomposto em:

<i>Passo</i>	<i>Descrição</i>	<i>Frequência de ocorrência</i>
1	Colocação do primeiro magazine	uma vez por lote
2	Mudança de magazine	de 20 em 20 fitas
3	Simbolização	para cada fita
4	Retirar o último magazine	Uma vez por lote

Quadro 5.15 Fases elementares do processamento pela *Laser SSOP*.

5.2.2.2.2 Fase 2: Recolha de tempos

No caso dos passos 1 e 4, considerou-se que a soma das suas durações seria igual à de uma mudança de magazine (Fase 2).

De notar que, como só existe uma *Laser* para 48 e 56 Pinos, foi necessário considerar a hipótese da capacidade ser diferente nos dois casos, já que uma fita de 48 pinos tem 30 unidades e uma de 56 tem 24.

Deste modo, fez-se a recolha de tempos registando qual o Pin Count que estava a ser processado.

A mudança de magazine por tomar um tempo significativo *per si*, foi cronometrado separadamente, enquanto que para o tempo de simbolização cronometraram-se várias fitas, obtendo posteriormente o tempo por fita.

Mudança de magazine (seg.)	Tempo de simbolização por conjunto de fitas (min)	Fitas	Seg/ Fita
13.15	1.11	7	9.52
13.45	1.14	7	9.79
13.35	1.12	7	9.60
	1.12	7	9.61
	1.12	7	9.58
	0.96	6	9.59
	1.12	7	9.59
	1.12	7	9.62
	1.13	7	9.65
	1.13	7	9.67
Média	13.32		9.62
PPH			10500

Quadro 5.16 Cálculo do PPH para a *Laser* da operação de símbolo para 48 Pinos.

Mudança de magazine (seg.)	Tempo de simbolização por conjunto de fitas (min)	Fitas	Seg/ Fita
13.52	1.08	7	9.26
13.24	1.10	7	9.39
13.22	1.08	7	9.25
13.31	0.93	6	9.27
	1.08	7	9.28
	1.08	7	9.26
	1.08	7	9.29
	1.09	7	9.32
Média 13.32			9.29
PPH			8678

Quadro 5.17 Cálculo do PPH para a Laser da operação de símbolo para 56 Pinos.

5.2.2.2.3 Fase 3: Análise crítica dos valores obtidos

Como seria de esperar, o tempo de mudança de magazine é o mesmo quer em 48 quer em 56 pinos. No entanto, visto que uma fita de 48 pinos tem 30 unidades e uma de 56 tem 24, poder-se-ia julgar que o tempo de simbolização fosse $(30/24=1.25)$ 25 % superior em 56 pinos, o que não se verifica. Encontrou-se a justificação no modo como a simbolização ocorre. As unidades na fita estão distribuídas em matriz de 3×8 e 3×10 , e a Laser percorre-as no sentido do comprimento. Ora, o único factor de variação do PPH é a velocidade a que tal ocorre, que por o tempo de simbolização ser muito pequeno, é quase igual num caso e noutro.

5.2.2.2.4 Fase 4: Cálculo do PPH

O número de unidades produzidas por hora é calculado por:

$$PPH = \frac{Nu \times Nf \times 3600}{Mmag + Nf \times S}$$

Nu: Número de unidades por fita

Nf: Número de fitas por magazine

Mmag: Tempo de mudança de magazine

S: Tempo de simbolização de uma fita

No caso de 48 pinos:

$$PPH = \frac{30 \times 20 \times 3600}{13.32 + 20 \times 9.62} = 10500$$

E no caso de 56 pinos:

$$PPH = \frac{24 \times 20 \times 3600}{13.32 + 20 \times 9.29} = 8678$$

5.2.2.3 MTBF e MTTR

O valor de MTBF traduz o tempo que em média uma máquina está em funcionamento sem avariar. O MTTR é o tempo que em média demora uma reparação de determinada máquina, não incluindo o tempo de espera do técnico. Ambos os valores são expressos em horas.

Os valores de MTBF e MTTR só tiveram que ser estimados para as *Mounters*, já que para o restante equipamento já havia estimativas disponíveis. Ver Anexo 3: Determinação de MTTR e MTBF.

Para tal, recorreu-se às folhas de registo manual das intervenções realizadas pelos técnicos.

Cada paragem das máquinas por avaria é registada pelas operadoras no momento em que ocorre e o técnico regista quando iniciou e terminou a reparação.

Deste modo, temos informação acerca do tempo médio de reparação (MTTR) e do tempo médio de funcionamento entre reparações (MTBF). Para este último, deduz-se tanto o tempo de paragem por falta de material quanto o de reparação.

Desenvolveu-se uma nova função na base de dados em *Access* para, com base nestes registos, estimar tanto o MTBF como o MTTR.

Os resultados obtidos foram:

Equipamento	MTBF	MTTR
Mounters	16.55	0.62

Quadro 5.18 MTBF e MTTR obtidos em Access a partir de registos manuais dos técnicos de manufactura.

5.2.2.4 MTBA e MTTA

O MTBA é o tempo que em média a máquina está a funcionar entre assistências pela operadora. O MTTA é a duração média de cada assistência, não incluindo o tempo em fila de espera. Ambos os valores são expressos em minutos.

Os únicos valores de MTBA e MTTA disponíveis eram para as *Bonders*, já que estão ligadas a um computador que recolhe e processa a informação relativa a paragens. Para o restante equipamento foi necessário fazer uma estimativa com base em recolhas feitas na linha. Ver Anexo 3: Formulários de Recolha de Intervenções em SSOP e Anexo 3: Cálculo dos Valores de MTBA e MTTA em *Finish*.

Este processo decorreu com a sequência:

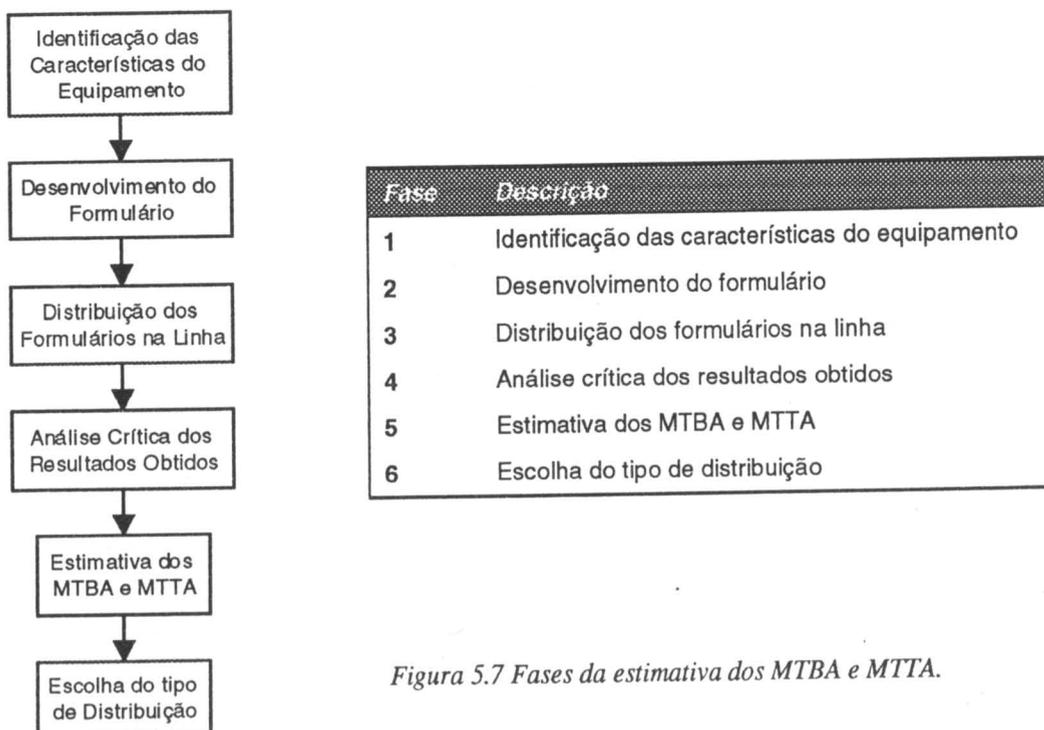


Figura 5.7 Fases da estimativa dos MTBA e MTTA.

5.2.2.4.1 Fase 1: Identificação das características do equipamento

A distinção tornou-se necessária devido a diferenças a nível da frequência de intervenções, variedade de intervenções e sensibilidade ao tipo de material.

Equipamento	Causas para as intervenções	Frequência	Sensibilidade ao tipo de material
Laser	Encravamentos	Baixa	Nula
Trim&Form+Singulate	Encravamentos	Média	Nula
Handler	Várias	Elevada	Elevada
Tape&Reel	Encravamentos	Muito Baixa	Nula

Quadro 5.19 Características do equipamento quanto às intervenções por operadora.

De facto, na *Laser*, nas *Trim&Form+Singulate* e *Tape&Reel*, as intervenções por operadora são exclusivamente por encravamentos e ocorrem pouco frequentemente.

Pelo contrário, nas *Handlers*, existem diversos factores que podem provocar uma intervenção:

Causas de intervenção
Encravamentos
Falta de placas no <i>Offloader</i> , para saída de unidades já testadas
Tubo de rejeitadas cheio, a precisar de ser substituído
Ocorrência de uma falha num teste de QC, o que obriga à inserção de uma password pela operadora.

Quadro 5.20 Causas de intervenção pela operadora nas *Handlers*.

Também havia na linha a “suspeita” de que o tipo de material a testar influenciava fortemente as intervenções nas *Handlers*, pelo que se previu esta hipótese.

A frequência de intervenções influencia muito significativamente o esforço das operadoras para preencher correctamente os formulários e pode provocar distúrbios ao normal funcionamento da linha. Com isto em vista, optou-se por no caso das *Handlers*, não tentar recolher informação acerca do MTTA. Arbitrou-se, no entanto, o valor de 1 minuto o que pareceu razoável tendo em conta a observação da linha e o facto de irmos correr o *Testsim/X* em minutos.

5.2.2.4.2 Fase 2: Desenvolvimento do formulário

De acordo com as conclusões da fase anterior, desenvolveram-se dois tipos de formulários: um genérico e um outro especialmente para as *Handlers*.

Em ambos os casos, pedia-se às operadoras para sempre que ocorrer uma intervenção fazerem o seu registo.

5.2.2.4.2.1 Formulário genérico

No formulário genérico, como se pretendia estimar tanto o MTBA como o MTTA, pede-se que a operadora classifique, quanto à duração, a intervenção feita. Para tal, o formulário apresenta três grelhas: uma para durações inferiores a um minuto, outra entre um e cinco, e finalmente, mais de cinco minutos. Ver Anexo 3: Formulários de Recolha de Intervenções em SSOP: Símbolo.

Como as intervenções são exclusivamente devidas a encravamentos, não foi necessário fazer mais especificações.

5.2.2.4.2.2 Formulário para *Handlers*

Como se optou por não estimar o MTTA, não se faz referência neste formulário à duração da intervenção.

No entanto, como a razão da paragem das máquinas é variada, definiram-se áreas distintas para registo consoante a razão verificada.

Um campo que também foi adicionado neste caso foi o número do lote, de modo a permitir a sua identificação de acordo com o tipo de material (48 pinos, 56 pinos digital e 56 pinos lineares).

5.2.2.4.3 Fase 3: Distribuição dos formulários na linha

Os formulários foram distribuídos um em cada máquina mas num tipo de equipamento de cada vez, com alguns dias de intervalo de modo a não tornar fastidiosa a tarefa de os preencher, o que comprometeria o sucesso da iniciativa, tão dependente da boa vontade e interesse das operadoras.

Ambos os tipos de formulário foram preparados para recolha durante um dia completo de produção, ou seja, três turnos consecutivos de modo a garantir alguma fiabilidade. No caso dos formulários para as *Handlers*, e por ter a consciência de que a variabilidade é neste caso maior, foi feita uma nova recolha, em tudo idêntica à primeira, uma semana mais tarde. Deste modo, conseguem-se resultados mais fiáveis pois amortecemos as variações aleatórias.

Houve a preocupação de alertar e sensibilizar todas as pessoas susceptíveis de operar no equipamento, tanto operadoras como supervisores e em todos os turnos, de modo a obter o seu envolvimento e colaboração.

5.2.2.4.4 Fase 4: Análise crítica dos resultados obtidos

No caso dos formulários genéricos não ocorreu qualquer problema, havendo grande confiança nos resultados obtidos.

Contudo, no caso dos formulários para as *Handlers*, observou-se alguma incoerência entre os resultados obtidos e os registos nas folhas de produção da manufactura, o que levantou dúvidas acerca do correcto preenchimento dos formulários (provavelmente devido à elevada frequência de intervenções e ao grande número de máquinas).

Como era essencial obter a estimativa para as *Handlers*, resolveu-se repensar a estratégia de aproximação.

Deste modo, alterou-se consideravelmente o aspecto do formulário, de modo a aproximá-lo do formato das folhas de produção previamente existentes. Ver Anexo 3: Formulários de Recolha de Intervenções em SSOP: *Teste*.

Por outro lado, fez-se um esforço extra para acompanhar as pessoas responsáveis pelo registo, estando presente em cada uma das mudanças de turno ao longo do dia de modo a informar e resolver quaisquer dúvidas que surgissem. Este era um ponto essencial porque, de outro modo, seriam as operadoras ou os supervisores que, ao terminar o seu turno, teriam que avisar os colegas do turno seguinte para fazer o registo o que não era garantido que ocorresse, e mesmo que assim fosse, poderia haver distorção nos requisitos.

Os valores obtidos na primeira recolha foram totalmente ignorados, e os das duas seguintes foram plenamente satisfatórios.

5.2.2.4.5 Fase 5: Estimativa dos MTBA e MTTA

As aproximações para os dois tipos de formulários foram distintas, visto que também a informação que continham era diferente.

No entanto, em ambos foram comparados os resultados obtidos com os valores registados na folha de produção, formulário de controle da produção diária da manufactura e por turno.

5.2.2.4.5.1 Formulário genérico

Para os turnos em que o estudo foi feito, verificaram-se na folha de produção as paragens ocorridas. Estas estavam classificadas com código próprio de acordo com o motivo de paragem, por exemplo:

<i>Código</i>	<i>Descrição</i>
M01	Estratégia de manufactura
M03	Falta de operadora
M04	Falta de material
M11	Setup manufactura

Quadro 5.21 Significado dos códigos usados nas folhas de produção.

Seguidamente determinou-se o tempo total em que a *Laser* esteve parada (exceptuando as intervenções pelas operadoras), ver Quadro 5.22 (MX).

O número de intervenções foi facilmente determinado contando os registos feitos (A).

O MTTA é então calculado usando uma média ponderada entre as frequências observadas em intervenções de menos de um minuto, entre um e cinco e de mais de cinco minutos.

Considerou-se que no primeiro caso as intervenções duraram em média 0.5 minutos, no segundo caso 2.5 e no último 7.5 minutos:

$$MTTA = 0.5 \times A_1 + 2.5 \times A_{15} + 7.5 \times A_5$$

A_1 : Número de assistências de menos de um minuto

A_{15} : Número de assistências de um a cinco minutos

A_5 : Número de assistências de mais de cinco minutos

Multiplicando o MTTA encontrado pelo número de intervenções obteve-se o tempo gasto em assistência de operadora, *Assist*.

Ora, somando *MX* ao *Assist*, temos o tempo total de paragem da *Laser* que deve ser retirado a 480 (8 horas × 60 minuto) para obter o tempo de funcionamento, *Tempo*. Determinou-se seguidamente o tempo de funcionamento no total do dia que ao ser dividido pelo número de intervenções acrescido de uma unidade, estima o MTBA:

$$MTBA = \frac{Tempo}{A_1 + A_{15} + A_5 + 1}$$

Turno	M01	M04	M11	MX	A<1	1<A<5	A>5	A	Assist	Tempo	MTTA	MTBA
2	15			15	6	0	0	6	3	462		
3		50+25	30	105	5	0	0	5	2.5	372.5		
1	60	40	15	115	5	1	1	7	12.5	352.5		
Total				235	16	1	1	18	18	1187	1	62.47

Quadro 5.22 Cálculo dos MTBA e MTTA para a Laser SSOP.

5.2.2.4.5.2 Formulário para as *Handlers*

Devido ao maior número de informação que neste caso era necessário compilar, recorreu-se à base de dados em *Access* onde se criou uma nova aplicação que estima o MTBA em função de diversos factores.

<i>MTBA das Handlers expresso para</i>
razão de paragem e por tipo de material
razão de paragem para o global do material
global das intervenções por tipo de material
global das intervenções para o total de material

Quadro 5.23 *Diversidade de valores de MTBA calculados.*

Deste modo, obtiveram-se os resultados:

<i>Material</i>	<i>MTBEncravamentos</i>	<i>MTBPlacas</i>	<i>MTBTubos</i>	<i>MTBOCFails</i>
48 Pinos	205	371	180	126
56 Digital	243	809	158	1821
56 Linear	117	1351	45	156

Quadro 5.24 *MTBA's obtidos por razão de paragem e por tipo de material.*

<i>Material</i>	<i>MTBA</i>
48 Pinos	49
56 Digital	85
56 Linear	27

Quadro 5.25 *MTBA's obtidos para o global das razões de intervenção por tipo de material.*

<i>MTBEncravamentos</i>	<i>MTBPlacas</i>	<i>MTBTubos</i>	<i>MTBOCFails</i>
169	735	83	211

Quadro 5.26 *MTBA's obtidos por razão de paragem para o global do material.*

MTBA
42

Quadro 5.27 MTBA obtido para o global das intervenções e para o total de material.

Em termos de modelação em Testsim/X, teríamos sempre que usar valores para o global de razões para intervir visto que não temos a possibilidade de modelar as placas e tubos de manuseamento de material, e mesmo as falhas no teste de QC não seriam fáceis de exprimir.

Tendo em conta que os valores globais obtidos por tipo de material foram significativamente distintos, optou-se por modelar o MTBA de acordo com o material a ser processado, Quadro 5.25.

5.2.2.4.6 Fase 6: Escolha do tipo de distribuição

Devido ao processo escolhido para estimar os MTBA e MTTA, não é possível estimar uma distribuição, já que para tal teríamos que ter os tempos entre as intervenções e não apenas o número de ocorrências em determinado período de tempo.

Note-se que tal seria impraticável pelo esforço que exigiria às operadoras e pelo consequente distúrbio que iria causar na linha de produção. Por outro lado, recolher pessoalmente este valor seria inviável pois o MTBA é elevado, pelo que para a análise ter significado seria necessário dispendir muito tempo.

Deste modo, optou-se por considerar constante tanto o MTBA como o MTTA.

5.2.2.4.7 Casos especiais

5.2.2.4.7.1 Testers

A *Testers* não têm MTBA pois todas as intervenções que sofrem são realizadas por técnicos. No entanto, sempre que a *Handler* a que está associada sofre uma intervenção a *Tester* pára, ficando à espera até que a *Handler* retome o funcionamento.

5.2.2.4.7.2 Molders

Também nas *Molders* não foi considerado MTBA por já obrigar à presença permanente de uma operadora.

5.2.2.4.7.3 Mounters

No caso das *Mounters*, havia informação não tratada em cada uma das máquinas que permitia estimar o MTBA.

No entanto, relativamente ao MTTA não havia referência, pelo que se decidiu arbitrar o valor de um minuto, o que pareceu muito razoável visto que uma *Wafer* demora cerca de um minuto a mudar e o *Testsim/X* iria correr em minutos.

Como tal, não seguiu o método usado relativamente ao restante equipamento e descrito anteriormente:

Fase	Descrição
1	Download de ficheiros *.dat das <i>Mounters</i>
2	Conversão para Excel
3	Cálculo dos MTBA e MTBI

Quadro 5.28 Sequência seguida na estimativa do MTBA para as *Mounters*.

5.2.2.4.7.3.1 Fase 1: Download de ficheiros *.dat das *Mounters*

Como eram apenas cinco *Mounters* decidiu-se recolher os dados para todas elas. O *Download* foi feito em cada uma com uma diskette, obrigando à sua paragem.

5.2.2.4.7.3.2 Fase 2: Conversão para Excel

Seguidamente, foi necessário formatar os ficheiros e reuni-los num só, de modo a facilitar o cálculo. De notar que havia um ficheiro para cada máquina e para cada semana.

Dentro de cada ficheiro, havia valores para cada um dos turnos da semana. Ora, como houve alguns feriados ou férias, foi preciso verificar com o CWW (apresentado no ponto anterior) quais os registos a ignorar.

5.2.2.4.7.3.3 Fase 3: Cálculo dos MTBA e MTBI

No ficheiro já tratado tínhamos, para cada semana, o MTBA verificado, o MTBI (*Medium Time Between Interventions*) e o tempo de funcionamento, entre outros valores.

O MTBI distingue-se do MTBA por incluir as paragens devidas ao fim de processamento de cada *Wafer*, quer no fim do lote quer a meio do lote.

Usando a fórmula:

$$N_A = \frac{\text{Tempo}}{\text{MTBA}} - 1$$

N_A : Número de assistências

calculou-se o número de assistências no tempo total registado, permitindo o cálculo de um MTBA global.

Usou-se um processo idêntico para o MTBI.

Para uso em Testsim/X foi escolhido o MTBI em vez do MTBA por aquele incluir a mudança de *Wafer* durante o lote, o que tornou desnecessária a sua modelação. Isto simplificou o modelo, não causando desvios em termos de estatísticas.

5.2.2.5 Modelação em Testsim/X

Os produtos agora definidos devem ser modelados em Testsim/X em diferentes funções. A função a usar depende da variação ou não com o tipo de produto (número

de pinos, tecnologia, *Device*) ou máquina específica (visto para uma mesma *Work Station*, pode haver máquinas que tenham mais avarias, necessitem de mais assistência ou produzam menos).

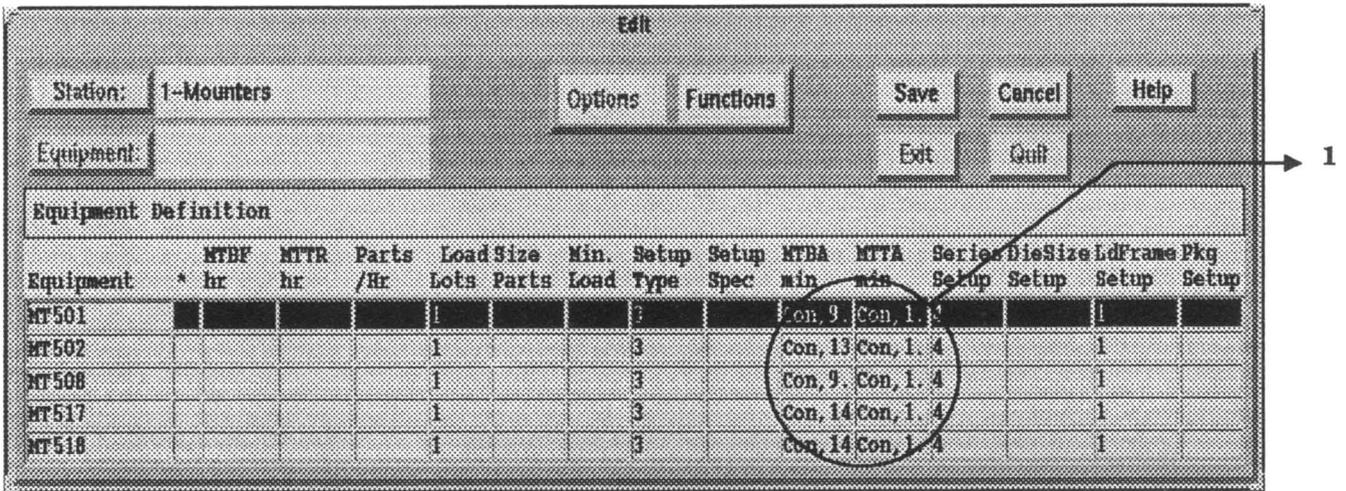


Imagem 5.7 Definição em Testsim/X das Mounters na função *Work Stations* na sub função *Equipment Definition*.

5.2.2.5.1 Parâmetros dependentes da *Work Station*

Os valores de MTBF, MTTR, MTBA e MTTA podem, caso sejam constantes para todas as máquinas de uma mesma *Work Station*, são definidos na sub função *Work Station Definition* em *Work Stations* (ver Imagem 5.6, referência 3).

5.2.2.5.2 Parâmetros dependentes do tipo de produto

Existem diversos modos de modelar esta situação, entre elas o uso da sub função *Capacity, Setup & Assist by Product* na função *Work Stations*.

5.2.2.5.3 Parâmetros dependentes da máquina

Os valores que sejam distintos de máquina para máquina são definidos na função *Work Station*, sub função *Equipment Definition*, como exemplificado em Imagem 5.7, referência 1.

5.2.3 Processos

A abordagem seguida foi no sentido de, com base na observação da realidade da linha SSOP, criar parâmetros que quando inseridos em Testsim/X simulassem essa realidade, testando e verificando a sua correspondência passo a passo, validando o modelo.

Com isso em vista, a definição de cada processo decorreu em cinco fases:

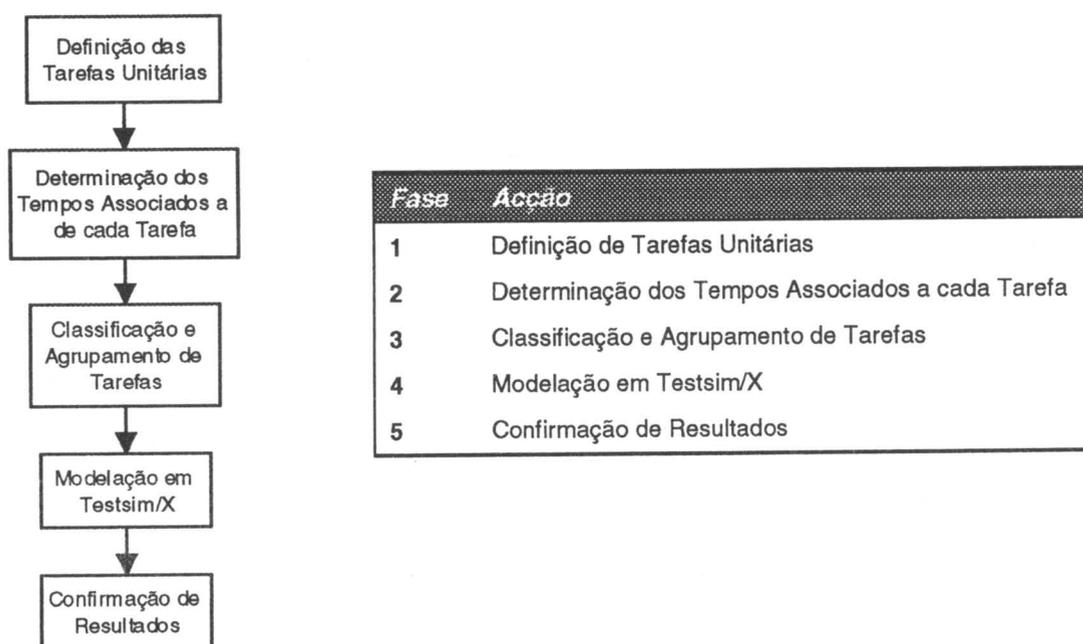


Figura 5.8 Método seguido na definição dos processos para os produtos SSOP.

Para ilustração do método será usada a operação de *Mount*.

5.2.3.1 Simplificações: *Yield*

Dependente do processo está o parâmetro *Yield*, que traduz a quantidade de unidades defeituosas que são identificadas e segregadas durante o processo.

Apesar de importante em termos macro, não foi considerado em Testsim/X pois, por ser muito próximo dos 100% e actuar sobre o tamanho do lote, resultaria pouco significativo.

Por outro lado, todas as tarefas de reprocesso ou correcção de anomalias, por serem frequentes e dispendiosas em tempo de operadora, foram incluídas no modelo. Um exemplo são as correcções por pinos tornos que ocorrem em Teste e *Pack* por os produtos SSOP terem um custo que justifica o seu reaproveitamento (em produtos *Small Outline Integrated Circuits*, SOIC, as unidades são consideradas desperdício).

5.2.3.2 Fase 1: Definição de tarefas unitárias

Para cada operação foram inventariadas todas as tarefas realizadas, dando origem a fluxogramas genéricos de movimentação quer do lote quer da operadora. Ver Figura 5.9.

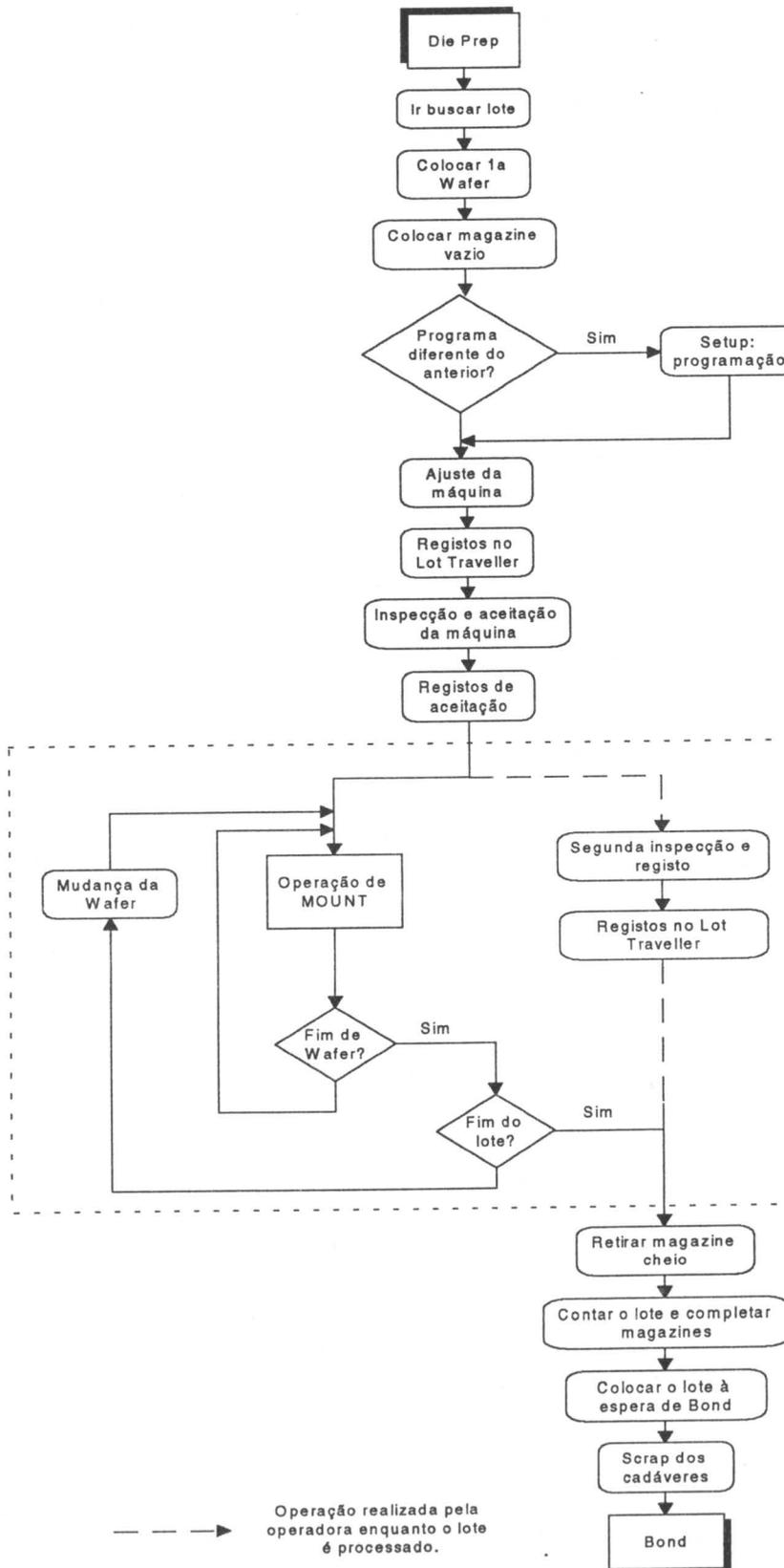


Figura 5.9 Fluxograma das actividades de Mount. Fase 1 da construção do subprocesso Mount.

5.2.3.3 Fase 2: Determinação da duração de cada tarefa

Seguidamente, popularam-se as diversas fases com a média dos tempos recolhidos pessoalmente na área de produção SSOP. Ver Quadro 5.29.

A duração dos passos de processamento propriamente dito não é igual para todos os lotes, sendo definida pela capacidade do equipamento (expressa em partes por hora e cuja determinação se descreve no capítulo relativo ao equipamento) e pelo tamanho do lote que está a ser processado.

<i>Tarefa</i>	<i>Duração (min)</i>
Ir buscar o lote	0.97
Colocar 1a <i>Wafer</i>	0.98
Colocar magazine vazio	0.43
Setup (Programação)	3.43
Ajuste da máquina	1.55
Registos no Lot Traveller	0.06
Inspecção e aceitação da máquina e registo	0.98
MOUNT	PPH
Mudança de <i>Wafer</i>	3.00
Segunda inspecção da máquina e registo	0.90
Registos no Lot Traveller e Folha de Produção	0.60
Retirar magazine cheio	0.70
Contar o lote e completar magazines	0.47
Colocar o lote à espera de <i>Bond</i>	0.18
Scrap dos cadáveres	0.92

Quadro 5.29 Tempos das tarefas de Mount. Fase 2 da construção do subprocesso Mount.

A fase 1 e esta fase 2 ocuparam uma quantidade de tempo particularmente grande visto que nem todas as operadoras seguem a mesma sequência, nem tão pouco gastam a mesma quantidade de tempo. No entanto, julgou-se importante recolher informação de diferentes operadoras em diferentes turnos de modo a minorar as distorções.

5.2.3.4 Fase 3: Classificação e agrupamento de tarefas

Seria gravoso modelar com as tarefas individualizadas por criar filas de espera de operadora que não correspondem à realidade. Por exemplo, seria errado separar a tarefa de venda de um lote da do transporte deste para a operação seguinte visto que a operadora nunca largaria o lote entre um passo e outro.

De modo a permitir uma modelação tanto mais próxima da realidade quanto possível, identificaram-se e agruparam-se tarefas semelhantes quanto às suas implicações em termos de *Cycle Time* e ocupação de equipamento.

Assim, consideraram-se três tipos de tarefas:

<i>Tipo</i>	<i>Descrição</i>	<i>Exemplo</i>
Tipo A	Tarefas que aumentam o <i>Cycle Time</i> mas que ocorrem enquanto o equipamento ainda não está afectado.	Operações de transporte.
Tipo B	Tarefas que, aumentando o <i>Cycle Time</i> , ocupam o equipamento apesar deste ainda não se encontrar a produzir ou transformar unidades.	Passagem de diagnósticos ou carregar o lote.
Tipo C	Tarefas que não aumentam o <i>Cycle Time</i> por serem executadas enquanto o lote está em processo, sendo a capacidade do equipamento a influenciar o <i>Cycle Time</i> .	As inspecções feitas pelas operadoras a algumas fitas (Lead Frames) que já foram processadas enquanto a máquina processa as restantes.

Quadro 5.30 Classificação das tarefas.

5.2.3.5 Fase 4: Modelação em Testsim/X

Como o Testsim não tem estes 3 tipos de fases pré-definidas, foi necessário adaptar interpretando as estatísticas também de acordo com os pressupostos que se fizeram.

Deste modo, as tarefas do tipo A são inseridas individualmente. As do tipo B são incluídas dentro de um ciclo “*Hold*” do equipamento usado (Ao fim dos passos “*Hold*” as máquinas ficam à espera que o lote aí seja novamente processado, só sendo liberta no final do segundo processamento). E por fim, as tarefas C são incluídas em *Load* ou *Unload*.

O Quadro 5.31 apresenta a tradução para Testsim/X das tarefas agrupadas. Vemos que o lote ocupa a operadora 3 minutos, já que a *Work Station Op:Mount* necessita para funcionar uma operadora a tempo inteiro. Em seguida ocupa uma *Mounter* durante:

$$\frac{\text{Quantidade}}{\text{PPH}} \times 60$$

minutos, precisando durante o primeiro minuto (*Load* definido como metade do tempo das tarefas de tipo C) de uma operadora.

Tarefa	Incrementa Cycle Time	Ocupa Equipamento	Tipo de Tarefa
Ir buscar o lote	X	-	A
Colocar 1a Wafer	X	X	B
Colocar magazine vazio	X	X	B
Setup (Programação)	X	X	B
Ajuste da máquina	X	X	B
Registos no Lot Traveller	-	-	C
Inspeção e aceitação da máquina e registo	-	-	C
Mudança de Wafer	X	X	B
Segunda inspeção da máquina e registo	-	-	C
Registos no Lot Traveller e Folha de Produção	X	-	A
Retirar magazine cheio	X	X	B
Contar o lote e completar magazines	X	-	A
Colocar o lote à espera de Bond	X	-	A
Scrap dos cadáveres	X	-	A

Quadro 5.31 Classificação das tarefas de Mount. Início da Fase 3 da construção do subprocesso Mount.

Tipo de Tarefa	Tempo total	Implementação
A	3.14	Step
B	10.09	dentro de ciclo Hold
C	1.94	Load/Unload

Quadro 5.32 Totais de tempos por tipo de tarefa em Mount. Fim da Fase 3 da construção do subprocesso Mount.

# Step	Step	Duração	Step Code
1	Op:Mount	3	
2	1-Mounters	PPH	h
3	Op:Mount	10	
4	1-Mounters	1	

Quadro 5.33 Modelação em Testsim/X. Fase 4 da construção do subprocesso Mount.

Findo o tempo de processamento, a *Mounter* usada fica em *Hold* enquanto é chamada uma operadora e ocupada durante 10 minutos. Ao fim deste tempo, o lote volta a ocupar a máquina e uma operadora durante mais um minuto (a outra metade do tempo das tarefas do tipo C). Por último, o lote liberta o equipamento.

Foram assim criadas 4 filas de espera de operadora e uma de equipamento.

5.2.3.6 Fase 5: Confirmação dos resultados

De modo a ter a certeza de que o Testsim/X executa o subprocesso tal como pretendemos, é necessário verificar os passos com a ajuda do *Event Log*, relatório que o Testsim/X elabora com o registo de todas as mudanças de estado do sistema.

Por exemplo, analisemos a operação de *Mount* para o lote de número de ordem 1, de um produto ABT e com 1693 unidades.

5.2.3.6.1 Step #1

O primeiro passo foi executado na *Work Station Op:Mount* dos 63 aos 66 minutos e durou os 3 minutos definidos, ocupando permanentemente uma operadora (de 66-6 a 67-1).

5.2.3.6.2 Step #2

O passo seguinte foi na *Work Station 1-Mounters* entre os 66 e os 80 e dos 135 e 165, perfazendo 44 minutos. Uma operadora foi ocupada durante o primeiro minuto (de 66-2 a 67-2).

Como o produto é de 48 Pinos, as Partes Por Hora (PPH) das *Mounters* é de 2293, resultando para 1693 unidades, um processamento de $(1693/2293 \times 60)$ 44.3 minutos, que o Testsim/X arredonda para 44.

5.2.3.6.3 Step #3

O terceiro passo durou 10 minutos (dos 165 aos 175 minutos) na *Op:Mount*, ocupando a operadora (164-4 a 174-2).

5.2.3.6.4 Step #4

Por último, foi gasto um minuto na *1-Mounters*, ocupando também a operadora, de 175-3 a 176-3.

De notar que a máquina de *Mount* que foi usada foi sempre a mesma, a MT517, devido ao *Hold* ao fim do segundo passo (165-3) e o *Release* ao fim do quarto (176-2).

A *Work Station Kanban* foi adicionada para criar na área de Assembly um número limite de lotes. Deste modo, quando o lote entra na área é-lhe assignado um *Pull Card* (63-1) e quando sai, devolvê-lo-á (após *Bond*).

Entre os minutos 80 e 135 sucederam-se vários acontecimentos em consequência de uma avaria por MTBF que foram omitidos.

<i>Minuto</i>	<i>Sequência</i>	<i>Descrição</i>	<i>Work Station</i>	<i>Equipamento</i>
63	1	Assign <i>Pull Card</i>		
	2	Start Lot		
	3	Lot to next Queue	<i>Kanban</i>	
	4	Lot to eqp	<i>Kanban</i>	
	5	Lot to next Queue	<i>Op:Mount</i>	
	6	Allocate Operator	<i>Op:Mount</i>	Op1
	7	Lot to eqp	<i>Op:Mount</i>	Op1
66	1	Free Operator	<i>Op:Mount</i>	Op1
	2	Allocate Operator	1- <i>Mounters</i>	MT517
	3	Lot to next Queue	1- <i>Mounters</i>	MT517
	4	Lot to eqp	1- <i>Mounters</i>	MT517
67	1	<i>Load done</i>	1- <i>Mounters</i>	MT517
	2	Free Operator	1- <i>Mounters</i>	MT517
80	1	Suspend Lot	1- <i>Mounters</i>	MT517
135	1	Resume Lot	1- <i>Mounters</i>	MT517
165	1	Lot Skip to	<i>Op:Mount</i>	
	2	Lot to next Queue	<i>Op:Mount</i>	
	3	Hold eqp	1- <i>Mounters</i>	MT517
	4	Allocate Operator	<i>Op:Mount</i>	Op2
	5	Lot to eqp	<i>Op:Mount</i>	Op2
175	1	Lot to next Queue	1- <i>Mounters</i>	MT517
	2	Free Operator	<i>Op:Mount</i>	Op2
	3	Allocate Operator	1- <i>Mounters</i>	MT517
	4	Lot to eqp	1- <i>Mounters</i>	MT517
176	1	Lot to next Queue	<i>Kanban</i>	
	2	Release Eqp	1- <i>Mounters</i>	MT517
	3	Free Operator	1- <i>Mounters</i>	MT517

Quadro 5.34 Verificação através do Event Log dos acontecimentos em Testsim/X.

5.2.3.7 Outras funções usadas para modelar o processo

Algumas operações não foram de tão simples modelação como Mount, necessitando de funções mais complexas. Por exemplo, para a operação de Teste eléctrico foi necessário criar um algoritmo que tivesse em conta que:

Nem para todos os lotes se “passa a *Golden*”

Todas as unidades rejeitadas são retestadas

As unidades rejeitadas por pinos tortos são corrigidas manualmente pelas operadoras

315 unidades por lote fazem teste QC

Alguns lotes são embalados em tubos à saída da *Handler*

O algoritmo usado em Testsim/X foi o esquematizado em Figura 5.10. Note-se que este não é o fluxo das tarefas, mas sim o usado em termos de modelação. As tarefas são aproximadas não só com os passos mas também com *Load* e *Unload* entre outros parâmetros, e tal como exemplificado anteriormente.

Step	Work Station	Description	Do	% Skip	% A/D	Step Param
1	Op:Test	Golden	HTT	50		
2	Op:Test	Retesta bin2	Testa_HT			
3	Testers	Teste	HTT		A	Teste_HT
4	Op:Test	Arranjar Bent Leads				
5	Op:Test	Retesta QA Rejects	QA_HTT		A	Retesta
6	Testers	Teste QA	HTT		A	QA_HTT
7		Engenharia	Retesta	20		
8	Op:Test	Golden Amb	AT	10		
9	Op:Test	Retesta bin2 Amb	Teste_AT			
10	Testers	Teste Amb	AT		A	Teste_AT
11	Op:Test	Arranjar H/L Amb				
12	Op:Test	Retesta QA Rej Amb	QA_AT		A	RT_Amb
13	Testers	Teste QA Amb	AT		A	QA_AT
14		Engenharia Amb	RT_Amb	20		
15	Op:Test	Vender o lote				
16	Op:TestS/Equip	Packing	TB	10	A	Tubos
17	Op:TestS/Equip	Packing	T		A	Tubos

Imagem 5.8 Definição do algoritmo de modelação de Teste em Processes, Alternate Processing.

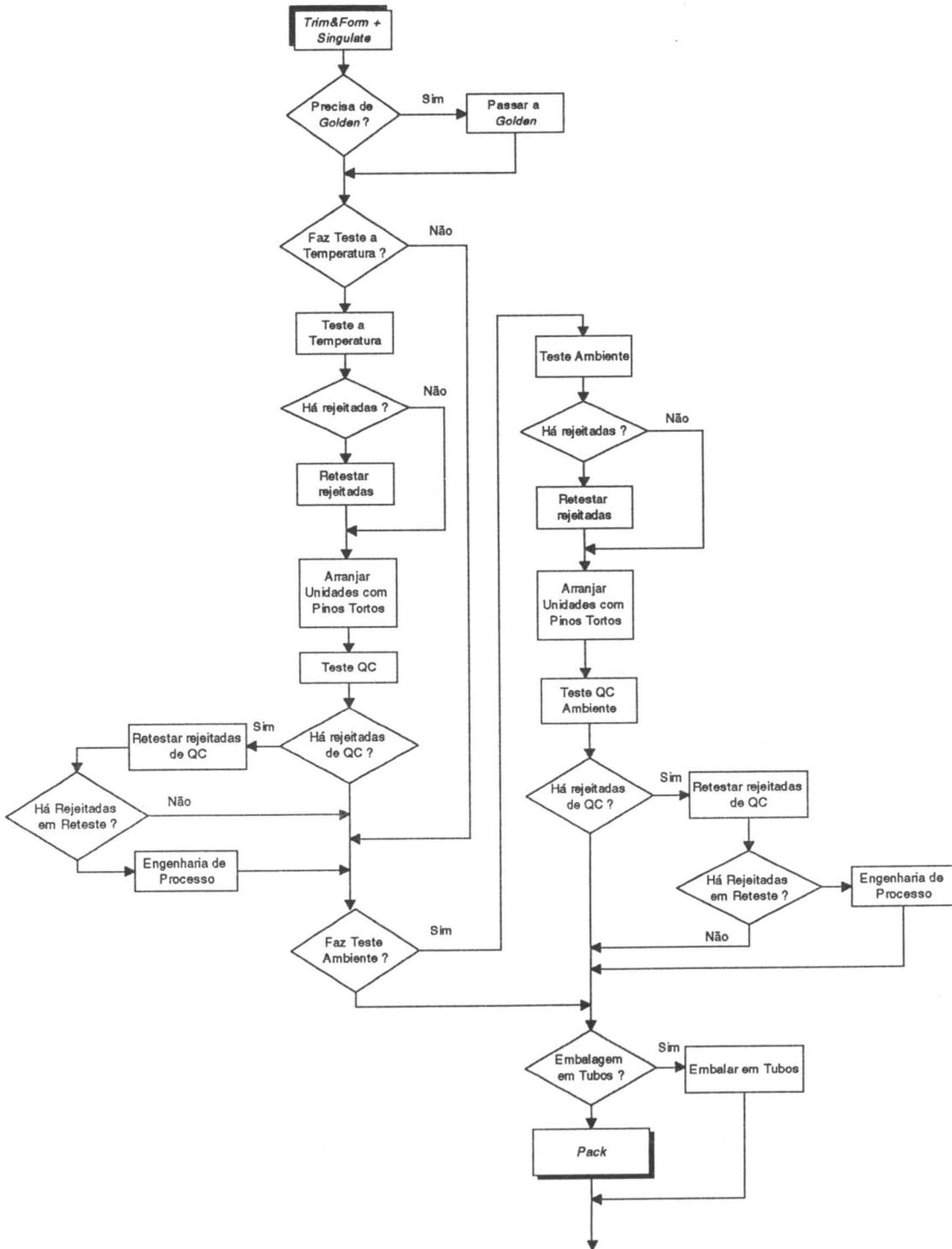


Figura 5.10 Algoritmo de modelação em Testsim/X da operação de Teste eléctrico.

Este esquema foi reproduzido em Testsim/X recorrendo a diversas funções, entre as quais a reproduzida em Imagem 5.8, *Processes* sub função *Alternate Process*.

Em *Do*, referência 1 em Imagem 5.8, estão os parâmetros que os produtos devem ter para realizarem os passos, o equivalente ao “Sim” no fluxograma de Figura 5.10. *Step Param* (referência 2 em Imagem 5.8) permite definir um parâmetros que é adicionado aos que o produto já tem, caso execute o passo. Como alternativa ou complemento dos parâmetros podemos usar percentagens, de modo a que apenas uma percentagem dos lotes executem o passo (ver Imagem 5.8, referência 3). As percentagens de lotes que os realizam foram estimadas a partir de recolhas feitas na linha.

5.2.3.7.1 Nem para todos os lotes se “passa a Golden”

A *Golden* é uma unidade fabricada com limite e exigências mais severas e que é usada para corrigir os valores que a *Handler* lê relativamente aos que devia ler.

Para modelação, estimou-se (recorrendo a formulários que foram distribuídos pela linha de produção) a percentagem de lotes para os quais é necessário executar este passo. Não foi usado um tempo de *Setup* visto que a *Handler* mantém em memória a informação das *Golden* mais recentes. Assim, uma mudança de programa de teste não implica “passar a *Golden*”.

5.2.3.7.2 Todas as unidades rejeitadas são retestadas

Existe um campo na folha de produção da linha SSOP onde as operadoras contabilizam as unidades que retestam em cada lote, informação que foi usada para estimar o número de lotes que têm unidades rejeitadas e, para estes lotes, a percentagem de rejeitadas no total do lote. Estes valores foram inseridos na sub função *Rework,Scrap&Splits* na função *Processes* (ver Imagem 5.9, referência 1), já que o reteste é uma operação de reprocessamento.

5.2.3.7.3 As unidades rejeitadas por pinos tortos são corrigidas manualmente pelas operadoras

Com base em formulários preenchidos pelas operadoras estimou-se o número de unidades com pinos tortos por lote, que combinado com o tempo cronometrado para correção estima o tempo por lote gasto na recuperação destas unidades.

5.2.3.7.4 315 unidades por lote fazem teste QC

Modelação em Processes, sub função *Rework,Scrap&Splits* que permite definir o número de unidades do lote que são processadas, ver Imagem 5.9 com referência 2.

Step #	Work Station	Rework %Lots	%Parts /Lot	To Scrap Step	Scrap %Lots	Sample Size	Step Description	Step Code
1	Op:Test						Golden	
2	Op:Test						Reteste bin2	R
3	Testers	50	9	2			Teste	
4	Op:TestS/Equip						Arranjar Bent Leads	
5	Op:Test						Reteste QA Rejects	R
6	Testers	20		5		315	Teste QA	
7							Engenharia	
8	Op:Test						Golden Amb	
9	Op:Test						Reteste bin2 Amb	R
10	Testers	50	9	9			Teste Amb	
11	Op:TestS/Equip						Arranjar B/L Amb	
12	Op:Test						Reteste QA Rej Amb	R
13	Testers	20		12		315	Teste QA Amb	
14							Engenharia Amb	
15	Op:Test						Vender o lote	
16	Op:TestS/Equip						Packing	
17	Op:TestS/Equip						Packing	
18	Op:TestS/Equip						Packing	

Imagem 5.9 Sub função *Rework, Scrap & Splits* pertencente à função *Processes*.

5.2.3.7.5 Alguns lotes são embalados em tubos à saída da Handler

Os que podem ser embalados tanto em tubos quanto em bobines têm o parâmetro “Tubos”, que é usado em *Alternate Processing*. Com base em registos do SMS, e recorrendo ao Access, estimou-se a percentagem de lotes destes produtos que são em média embalados em Tubos.

5.2.3.8 Kanbans

O SMS, sistema de gestão da manufactura já referido aquando da descrição da linha SSOP, usa um sistema de *Kanbans* de modo a limitar o material em curso de fabrico. No entanto este não é um *Kanban* físico mas sim informatizado, conseguido pelos também já descritos *Online* e *Shopping List* que limita não o número de lotes, mas a quantidade de unidades em cada conjunto de operações.

Step #	Work Station	Sub set Spec	Operation	Description	Pull Cards
1	Kanban				17
2	1-Mounters		Mount		
3	1-Mounters		Mount		
4	1-Mounters		Mount		
5	Kanban				30
6	2-Bonders		Bond		
7	2-Bonders		Bond		
8	2-Bonders		Bond		
9	Kanban				30
10	Op: Hold		Hold	Venda...	
11	3-Holders		Hold		
12	3-Holders		Hold		
13	4-Fornos		Hold		
14			Mold	Arrefecimento	
15	Kanban				33
16	5-Symbols	48Pin	Symbol		
17	5-Symbols	56Pin	Symbol		
18	Op: Symbol		Symbol	Inspeccoes	
19	Op: Symbol		Symbol	Inspeccoes	
20	Kanban				
21	Op: TFSing		TFS	Delay: limpeza/load	
22	6-TrnFrmSngs		TFS		
23	6-TrnFrmSngs		TFS		
24	6-VH		TFS	V/H	
25	Op: TFSing		TFS	Vender o lote	
26	Kanban				49

Imagem 5.10 Sub função Pull Cards na função Processes.

Este não foi um ponto considerado crítico para o estudo, tendo em conta o objectivo. Contudo, foi também modelado de uma forma muito aproximada. Sabendo o limite de unidades em cada conjunto de operações, fez-se a sua conversão para lotes usando o tamanho médio dos lotes. Estes valores foram posteriormente inseridos na função Processes, sub função *Pull Cards* (ver Imagem 5.10) para o processo global.

5.2.4 Produtos

Para a construção do modelo, foram inventariados todos os produtos SSOP produzidos na TISEP.

Foi a necessidade de manipular grande quantidade de informação acerca dos produtos que levou à construção de uma base de dados em *Access*, que foi posteriormente extendida às restantes entidades intervenientes no processo de fabrico SSOP e necessárias à modelação em *Testsim/X*.

A caracterização dos produtos seguiu a sequência:

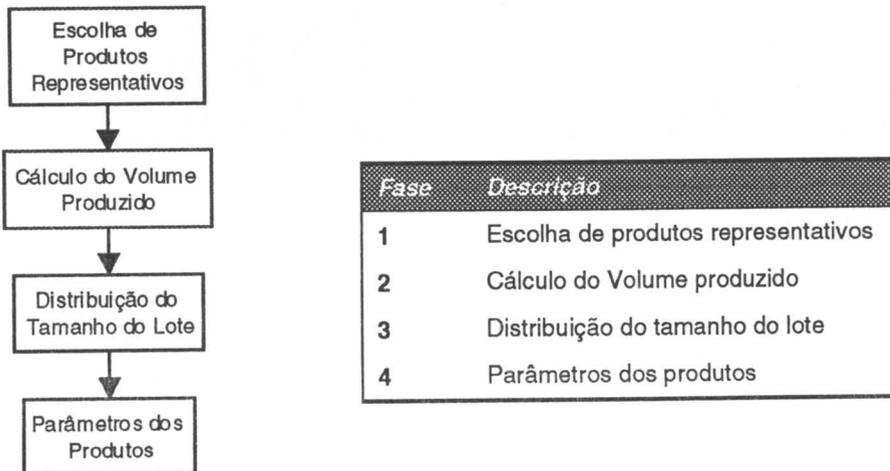


Figura 5.11 Sequência seguida na modelação dos produtos.

5.2.4.1 Fase 1: Escolha de produtos representativos

Inicialmente pensava-se em, recorrendo à análise ABC, seleccionar apenas um grupo representativo de *Parent's* a modelar. No entanto, como a variedade era pequena e não se tinha a certeza à partida de quais os parâmetros dos produtos iriam ser relevantes, optou-se por considerar cada *Parent* como representativo. Assim, no total, foram criados 29 produtos diferentes.

5.2.4.2 Fase 2: Cálculo do volume produzido

O *mix* de produtos foi estimado a partir das percentagens dos volumes de Março e Abril de 1996.

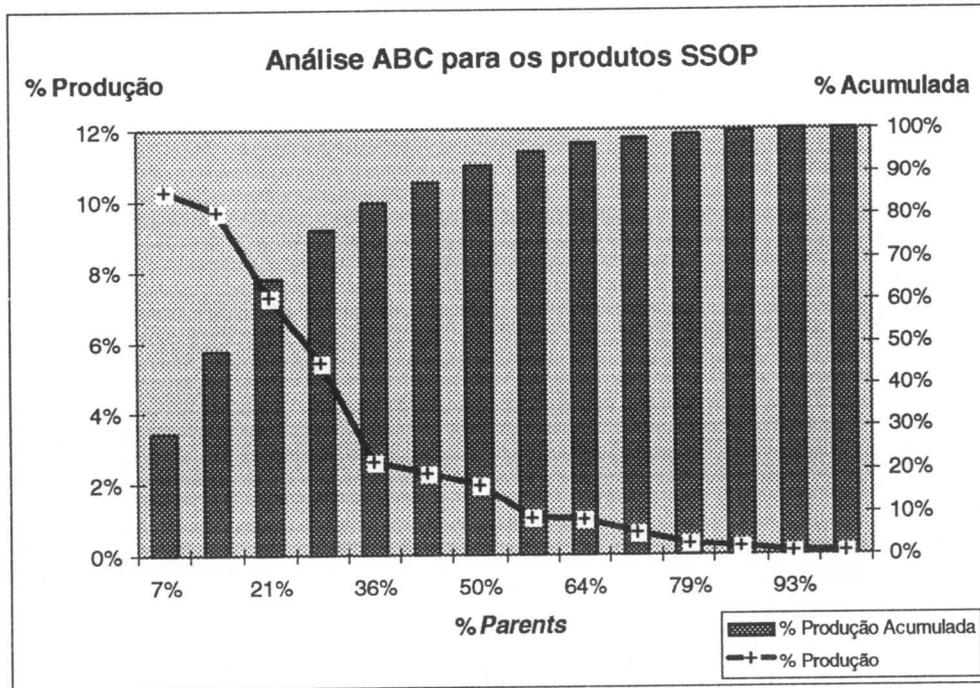


Gráfico 5.1 Curva de Pareto para os produtos SSOP.

Para efeitos de simulação aplicou-se o *mix* calculado ao *Forecast*, volume total a ser produzido num determinado horizonte de tempo e actualizado regularmente. Ver Imagem 5.11, referência 1.

5.2.4.3 Fase 3: Distribuição do tamanho do lote

Tendo em conta o objectivo do projecto, não se considerou crítico o estudo da distribuição do tamanho do lote. Deste modo, arbitrou-se a distribuição triangular por considerarmos mais importante a moda que a média. Por outro lado, permite gerar lotes de diversos tamanhos e entre dois limites que sabemos que não deve ultrapassar.

Para isso seriam necessários valores mínimos e máximos, que mais uma vez foram recolhidos dos valores de Março e Abril. Devido ao método usado na TISEP para lançamento dos lotes, existem valores mínimo e máximo que o algoritmo de gestão de lotes usa. Ver Imagem 5.11, referência 2.

5.2.4.4 Fase 4: Parâmetros dos produtos

Desenvolveram-se aplicações em *Access* que produzem relatórios com informação pertinente acerca dos produtos para cada fase de desenvolvimento do modelo. Esta informação tem origem nas *SPECS* de *Bond* e de *Teste*, registos com todos os parâmetros necessários ao processamento das unidades.

Imagem 5.11 Definição dos produtos pela função *Products*, sub função *Product Definition*.

Em *Testsim/X* podemos modelar as características dos produtos de diversas formas com aplicações e efeitos distintos: por definição no ecrã em *Product Definition* (Imagem 5.11, na referência 3), pela sub função *Product Parameters* em *Products*, ou pela definição de *Product Type*, também em *Product Definition* (Imagem 5.11, na referência 4).

5.2.4.4.1 *Product Definition*

A primeira hipótese permite-nos aumentar o tempo de colocação dos lotes na máquina caso se alterem as características inseridas nos campos da referência 3 em Imagem 5.11.

No caso, usamos *Series Name* com tipo de CAP, *Package Type* com o *Pick Up* e *Lead Frame* com o código do *Lead Frame* correspondente.

Parâmetro	Mount	Bond	Mold	Símbolo	Trim&Form+ Singulate	Teste	Pack
Pin Count	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Tecnologia						✓	
Lead Frame							
Programa de	✓	✓					
Pick-Up	✓						
Cap	✓						
Tamanho do Die	✓						
Fio de ouro		✓					
Insert		✓					
Mold Compound			✓				
Board de Teste						✓	
Golden						✓	
Teste ambiente e/ou						✓	
Teste QC ambiente						✓	

Quadro 5.35 Parâmetros dos produtos.

5.2.4.4.2 Product Parameters

No segundo caso, podemos afectar passos de processo a produtos com determinadas características. Por exemplo, no caso da operação de *Bake* apenas alguns produtos são processados. No processo global definimos que todos os produtos que não tenham a designação “Bake” em *Product Parameters*, não executam esse passo (ver 5.2.5)

5.2.4.4.3 Product Type

Definir parâmetros como *Product Type* permite usar regras de sequenciamento dando prioridade por exemplo a lotes com os mesmos parâmetros que os previamente processados.

5.2.5 Afectação do equipamento

Na linha de produção SSOP todas as áreas têm pelo menos parte do equipamento dedicado a determinado grupo de produtos. Por esta razão, de modo a aproximar a realidade, os parâmetros dos produtos foram expressos em Testsim/X de modo a que, com o *Alternate Processing* em *Processes*, apenas produtos com determinado conjunto de parâmetros (definidos na função *Products*, sub função *Product Parameters*) realizem alguns passos. Por exemplo, o passo de *Bond* foi duplicado para 48 e 56 pinos e os lotes executam um ou outro de acordo com o parâmetro definido para o produto.

Seguidamente, em *Equipment for all steps*, ainda em *Processes* afectam-se as máquinas aos passos. Para o exemplo, algumas *Bonders* para 48 pinos e outras para 56. Assim, indirectamente, faz-se a afectação das máquinas ao tipo de material.

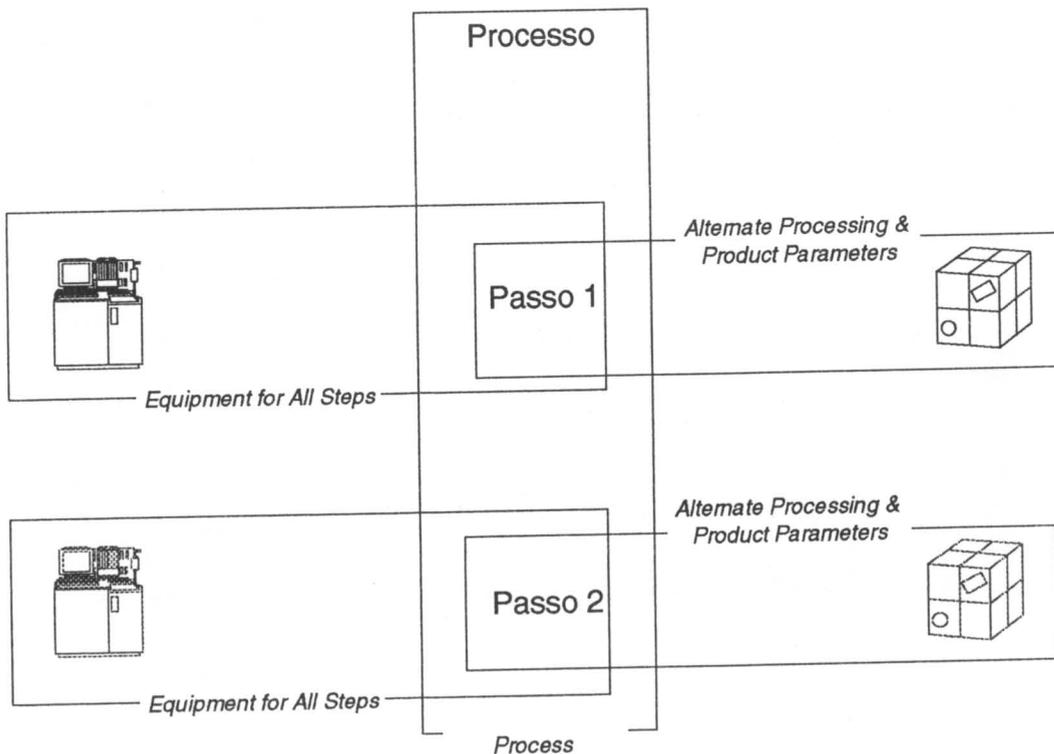


Figura 5.12 Afectação dos produtos ao equipamento.

5.3 Validação do Modelo

O modelo foi validado em duas fases:

Fase	Descrição
1	Correspondência entre os parâmetros e o modelo
2	Correspondência entre o modelo e a realidade

Quadro 5.36 Fases de validação do modelo.

A fase 1 foi sendo executada durante a construção do modelo, nomeadamente aquando da definição do processo, ver ponto 5.2.3.

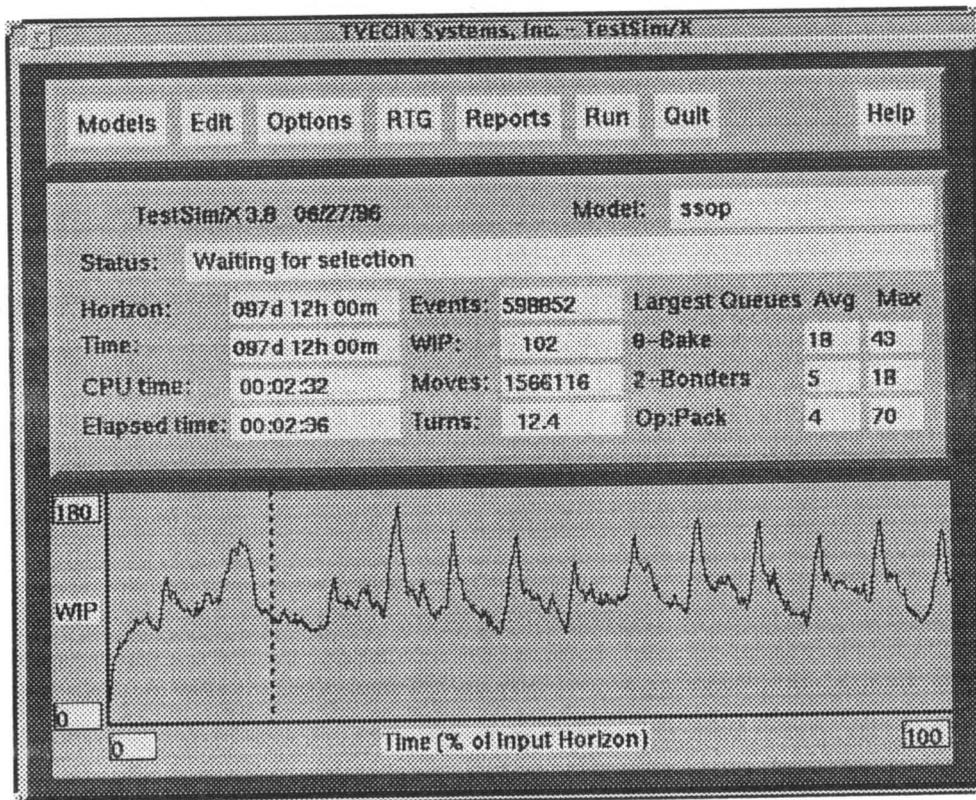


Imagem 5.12 Evolução do material em curso de fabrico ao longo de um "run" do modelo SSOP.

De modo a verificar a correspondência entre o modelo e a realidade (Fase 2 da validação) consolidaram-se as estatísticas relativas a Equipamento, *Cycle Time* e Operadoras, que foram analisados conjuntamente com os supervisores da linha de produção. Estas estatísticas tiveram origem nos relatórios que o Testsim/X automaticamente elaborava com diferentes tipos de informação (ver Imagem 5.14).

Outros indicadores mais imediatos são o próprio menu principal que na sua parte inferior apresenta a evolução do material em curso ao longo do “run” (ver Imagem 5.12) e o *Run Time Graphics* (RTG), Imagem 5.13. Toda a informação do RTG é apresentada em termos médios nos relatórios.

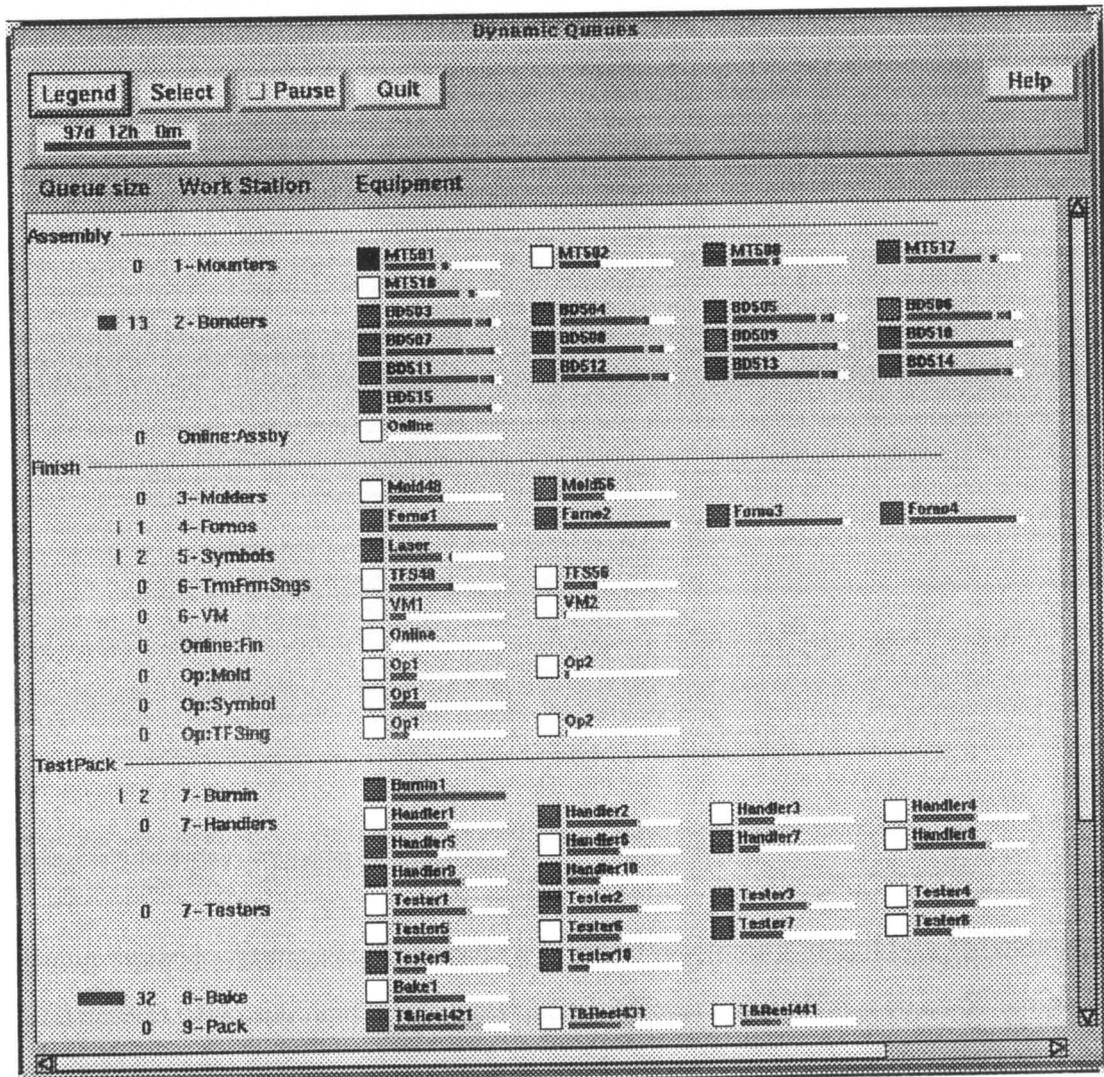


Imagem 5.13 Imagem da situação final do RTG para o modelo SSOP.

5.3.1 Validação dos dados de Equipamento

As estatísticas usadas foram retiradas do relatório *Equipment Utilization*, ver Imagem 5.14, referência 1. Este relatório apresenta valores percentuais de ocupação efectiva

das máquinas, tempo gasto a configurar o equipamento, tempo de paragem por falta de operadora, por falta de lotes para processar, paragens por manutenção planeada, por avaria e por assistência de operadora. A soma destes valores deve perfazer 100%.

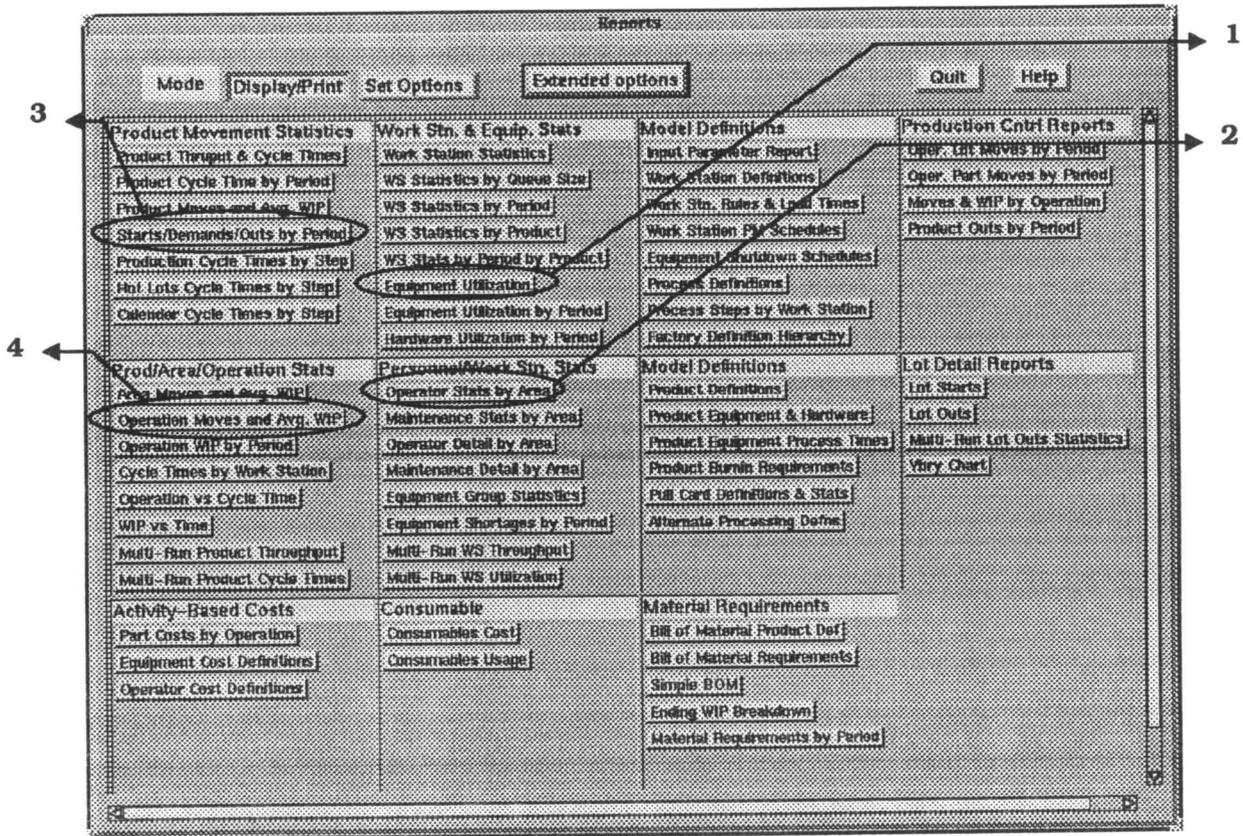


Imagem 5.14 Menu de escolha de relatórios.

Como aquando da modelação se usou a função *Preventive Maintenance* (Manutenção Preventiva) para criar tarefas regulares que acontecem em intervalos fixos de tempo ou de unidades produzidas foi necessário recalculer a percentagem de ocupação das máquinas, adicionando-lhe o valor que aparece em Paragens Planeadas. Assim, nas *Bonders* a percentagem que aparece em Paragens Planeadas é devida a mudanças das bobinas de fio de ouro que em média se faz para cada 11 mil unidades, nas *Molders* deve-se a limpeza das prensas de *Mold* que ocorrem uma vez por dia, e em *Pack* deve-se a mudança de bobine de alvéolos, de cover e de conjunto de bobinas finais.

	Ocupação	Configuração	Falta de Operadora	Falta de material	Paragens Planeadas	Paragens Não Planeadas	Paragens por Assistência
Mounters	47.2%	5.5%	4.2%	32.9%	0.0%	6.2%	4.0%
Bonders	76.3%	3.0%	1.5%	6.4%	3.6%	5.9%	3.3%
Molders	34.8%	0.0%	0.0%	55.3%	8.5%	1.4%	0.0%
Symbols	46.4%	6.2%	0.4%	42.9%	0.0%	3.2%	0.9%
TFSing	39.7%	0.0%	0.5%	55.1%	0.0%	3.7%	1.0%
Teste	45.1%	1.3%	1.7%	50.3%	0.0%	0.6%	1.0%
Pack	39.1%	0.2%	12.0%	45.3%	2.6%	0.8%	0.0%

Quadro 5.37 Estatísticas obtidas em Testsim/X para o modelo SSOP.

	Ocupação	Configuração	Falta de Operadora	Falta de material	Paragens Planeadas	Paragens Não Planeadas	Paragens por Assistência
Mounters	47.2%	5.5%	4.2%	32.9%	0.0%	6.2%	4.0%
Bonders	79.9%	3.0%	1.5%	6.4%	0.0%	5.9%	3.3%
Molders	43.3%	0.0%	0.0%	55.3%	0.0%	1.4%	0.0%
Symbols	46.4%	6.2%	0.4%	42.9%	0.0%	3.2%	0.9%
TFSing	39.7%	0.0%	0.5%	55.1%	0.0%	3.7%	1.0%
Teste	45.1%	1.3%	1.7%	50.3%	0.0%	0.6%	1.0%
Pack	41.7%	0.2%	12.0%	45.3%	0.0%	0.8%	0.0%

Quadro 5.38 Estatísticas de equipamento revistas.

Esperava-se à partida que os supervisores considerassem os valores de ocupação de equipamento um pouco baixos e os de falta de material algo elevados, isto porque o Testsim/X desocupa o equipamento logo que este acaba o processo, ficando em fila de espera fora da máquina. De facto, só o valor de *Bond* foi considerado por eles como estando no nível correcto.

Concluíamos assim que os valores estavam correctos, encontrando-se o valor de *Bond* demasiado elevado. No entanto, este facto tem uma explicação simples: no modelo

foram usadas 13 *Bonders* em vez das 15 existentes na altura, visto que duas delas não pertenciam à Texas e seriam devolvidas em meados de Agosto. Isto faz com que no modelo a ocupação seja cerca de 2/13 superior à ocupação na realidade.

5.3.2 Validação dos Dados de Operadoras

Para as operadoras, as estatísticas em Testsim/X (disponíveis no relatório *Operator Stats by Area*, ver Imagem 5.14 referência 2) apresentam um detalhe que não é facilmente interpretado pelos supervisores de linha, pelo que se calcularam as médias de ocupação por turno e por área (Quadro 5.40).

Dia	Turno	Assembly	Finish	Test&Pack
Segunda	7:00	53.1%	33.6%	93.8%
	15:00	42.5%	33.8%	84.7%
	23:00	53.3%	34.3%	73.9%
Terça	7:00	51.9%	32.4%	74.4%
	15:00	38.7%	36.0%	66.8%
	23:00	50.6%	33.4%	68.5%
Quarta	7:00	54.9%	33.5%	76.1%
	15:00	39.2%	35.0%	68.0%
	23:00	50.6%	32.9%	70.3%
Quinta	7:00	53.5%	33.1%	69.8%
	15:00	38.8%	35.8%	67.0%
	23:00	52.0%	33.4%	73.4%
Sexta	7:00	58.0%	34.6%	71.6%
	15:00	39.4%	34.5%	67.1%
	23:00	50.6%	34.6%	72.5%
Sábado	7:00	54.0%	32.3%	71.8%
	15:00	35.1%	34.4%	64.0%
	23:00	49.6%	32.8%	73.0%
Domingo	7:00	81.9%	55.9%	97.2%
	15:00	65.4%	58.5%	99.5%
	23:00	78.8%	52.6%	99.5%

Quadro 5.39 Estatísticas obtidas em Testsim/X para a ocupação das operadoras para cada área por dia de semana e por turno.

Os valores de ocupação de operadoras encontram-se sub-avaliados visto que nem todas as operadoras que foram consideradas trabalham sempre na área SSOP, havendo regularmente transferências destas para a área de produção de produtos SOIC de 20 pinos.

	Assembly	Finish	Test&Pack
1o Turno	58.2%	36.5%	79.2%
2o Turno	42.7%	38.3%	73.9%
3o Turno	55.1%	36.3%	75.9%
Total	52.0%	37.0%	76.3%

Quadro 5.40 Estatísticas obtidas em Testsim/X para a ocupação das operadoras por turno e por área.

Entre a área de *Finish* e *Test&Pack* existem frequentemente trocas visto que parte das operadoras de *Finish* estão treinadas para trabalhar em *Test&Pack* e vice-versa, pelo que se homogeneiza a sua ocupação.

5.3.3 Validação dos Valores de Cycle Time

Apesar do Testsim/X gerar estatísticas de *Cycle Time*, estas não foram utilizadas por mostrarem alguma incoerência entre si. Em alternativa, usou-se a Lei de *Little* para, com base nos valores de volume de produção total e no material em curso, determinar o *Cycle Time*.

A produção diária é:

$$\text{Volume por dia} = \frac{\text{Volume Total}}{\text{Dias Simulados} \times (1 - \text{WarmUp})}$$

Produção Total	8443341
Dias de Simulação	97.5
Warm Up	20%
Produção Diária	108247.962

Quadro 5.41 Parâmetros de simulação.

De notar que o material em curso não se refere apenas ao volume que se encontra nas máquinas, incluindo os lotes que estão em fila de espera ou a realizar outras operações não dependentes de equipamento.

Os valores do material em curso foram retirados do relatório *Operation Moves and Avg WIP* e o valor da produção total do *Starts/Demand/Outs by Period* (Imagem 5.14, referências 4 e 3 respectivamente).

Operação	Material em curso	Cycle Time	
		Dias	Horas
Mount	7589	0.07	1.7
Bond	21750	0.20	4.8
Mold	30206	0.28	6.7
Symbol	3145	0.03	0.7
TrimForm + Singulate	3787	0.03	0.8
Burnin	5070	0.05	1.1
Test	11592	0.11	2.6
Bake	28776	0.27	6.4
Pack	9882	0.09	2.2
Assembly	29339	0.27	6.5
Finish	37138	0.34	8.2
Test&Pack	55320	0.51	12.3
Total	121797	1.13	27.0

Quadro 5.42 Cálculo do Cycle Time a partir das estatísticas de material em curso obtidas em *Testsim/X*.

O valor do *Cycle Time* total real é algo superior ao encontrado. Contudo, não se julgou relevante o desvio visto que a relação dos valores entre áreas é idêntica. Por outro lado, o estudo refere-se a recursos que não são criticamente dependentes do *Cycle Time*.

5.4 Análise de Sensibilidade ao Número de Operadoras

Tal como definido no objectivo do projecto, estudou-se a sensibilidade da linha de produção *Schrink Small Outline Package* (SSOP) ao número de operadoras e máquinas alocadas.

Foram usadas no modelo as quantidades de máquinas actualmente existentes.

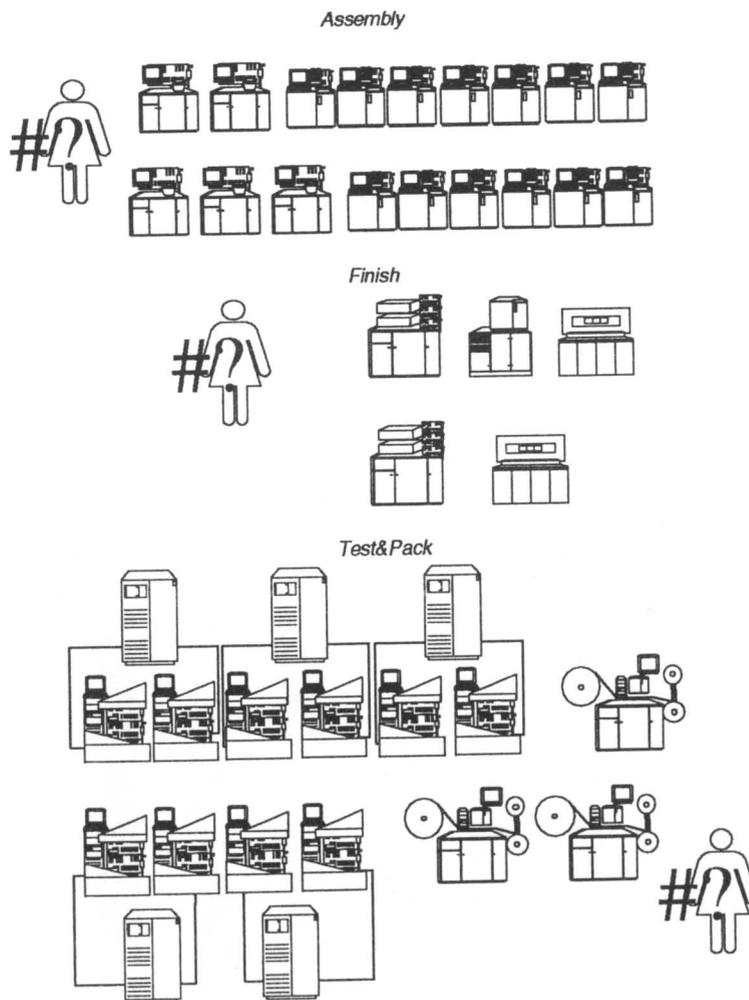


Figura 5.13 Ilustração da situação em termos de máquinas nos modelos.

5.4.1 Assembly

Para o modelo de *Assembly* consideraram-se as situações de uma a sete operadoras.

5.4.1.1 Cycle Time

5.4.1.1.1 Entre uma e três operadoras

Entre uma e três operadoras, atinge-se o limite de *Kanbans* entre *Mount* e *Bond*. Como o *Bottle Neck* são as *Mounters*, é este equipamento que dita a cadência de produção. Ora, à medida que o número de operadoras aumenta, a cadência também aumenta devido à diminuição do tempo perdido à espera de operadora. Quando a cadência de *Mount* é baixa, as *Bonders* conseguem produzir tudo o que as *Mounters* lhe enviam, com um inventário muito baixo. À medida que o volume de produção aumenta, as *Bonders* começam a criar filas de espera provocando um aumento de *WIP*.

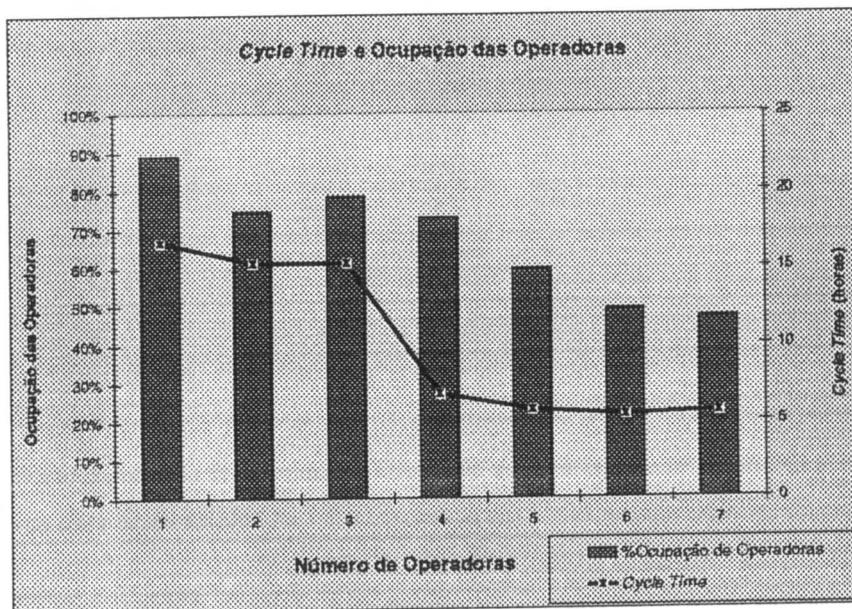


Gráfico 5.2: Cycle Time e Ocupação das operadoras em função do número de operadoras na área Assembly.

Ora, é a combinação do aumento de produção com o aumento de WIP que causa a estabilização do *Cycle Time* entre uma e três operadoras, Gráfico 5.2.

5.4.1.1.2 Quatro e cinco operadoras

Ao passar de quatro para cinco operadoras há uma grande variação do *Cycle Time* devido ao aumento do volume produzido, ver Gráfico 5.4, que não é acompanhado de um aumento do WIP visto que existe capacidade para produzir sem grandes filas de espera devido ao ganho por diminuição do tempo de espera de operadora, Gráfico 5.3.

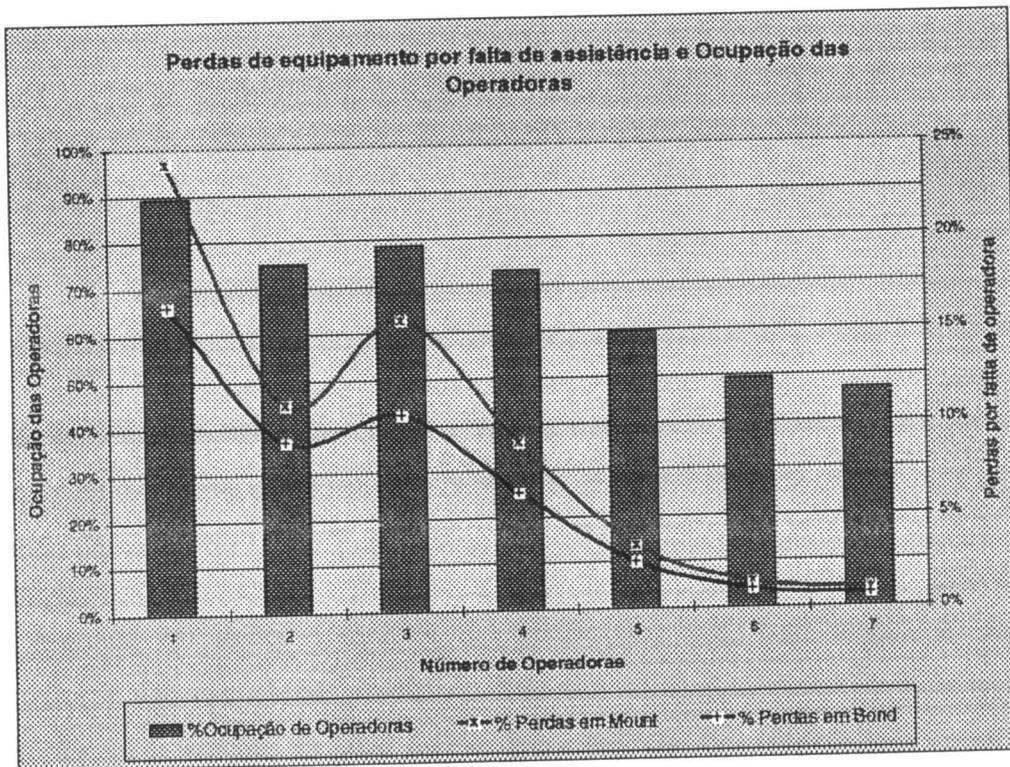


Gráfico 5.3 Perdas por falta de operadora e Ocupação das operadoras em função do número de operadoras na área de Assembly.

5.4.1.1.3 Seis e sete operadoras

Entre quatro e sete operadoras, o volume produzido é constante, Gráfico 5.4, e o *Cycle Time* estabiliza no valor determinado pelo tempo real de processamento nas máquinas e que não depende do número de operadoras.

5.4.1.2 Ocupação das Operadoras

5.4.1.2.1 Diminuição exponencial da ocupação das operadoras entre quatro e sete operadoras

O tempo real de processamento é, entre quatro e sete operadoras, idêntico visto que o volume produzido é igual. Deste modo, o número de assistências pelas operadoras por MTBA é equivalente, tal como o tempo gasto em tarefas. A diminuição da ocupação das operadoras é então devida à partilha da globalidade deste tempo.

Assim, há uma diminuição da média de ocupação das operadoras de $1/4$ ao passar de 4 para 5, de $1/5$ ao passar de 5 para 6, e de $1/6$ de 6 para 7.

5.4.1.2.2 Ocupação das operadoras idêntica entre uma e quatro operadoras

Verifica-se que a percentagem de ocupação das operadoras entre uma e quatro operadoras não diminui gradualmente como acontece entre quatro e sete.

Caso as máquinas tivessem sempre a mesma quantidade de material para processar como acontece neste último caso, a ocupação das operadoras diminuiria para metade quando passamos de 1 para 2 operadoras e um $1/3$ quando passamos de 2 para 3.

Se tivermos em conta o Gráfico 5.4 verificamos que, com menos de quatro operadoras, não se consegue produzir o *Forecast*. Isto porque definimos *Kanbans* que condicionam o volume de lotes que se encontram na área, limitando a entrada de novos lotes, e por falta de capacidade do equipamento devida ao elevado valor de paragem por falta de operadora (Gráfico 5.3).

À medida que aumentamos o número de operadoras, diminuimos o tempo em que as máquinas estão paradas por falta de assistência, causando um aumento de tempo disponível do equipamento que é utilizado para produzir mais unidades (Gráfico 5.4). Assim sendo, o tempo de processamento efectivo aumenta. Deste modo, tanto as assistências por MTBA como as operações que ocupam as operadoras (apesar de não ocuparem as máquinas) se tornam mais frequentes, o que aumenta a ocupação das operadoras.

É este aumento, combinado com a diminuição prevista pela partilha das assistências e tarefas entre as operadoras, que faz com que entre uma e quatro operadoras o nível de ocupação destas seja semelhante.

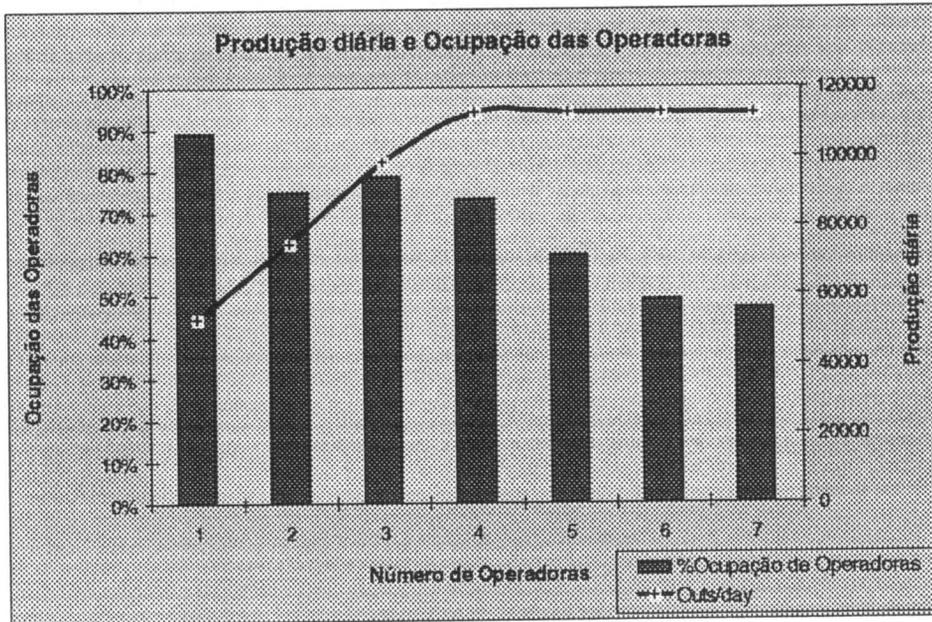


Gráfico 5.4 Volume produzido por dia e Ocupação das operadoras em função do número de operadoras na área Assembly.

5.4.1.3 Perdas de Equipamento por Falta de Operadora

A evolução natural destas curvas deveria ser decrescente à medida que o número de operadoras aumenta, no entanto, para uma operadora verifica-se um valor relativamente baixo, e para duas operadoras atinge-se um valor inferior ao da situação de três operadoras.

Para perceber a razão de ser desta evolução deve-se ter em consideração que para uma a três operadoras se atinge o limite de *Kanbans*.

Ora, quando se atinge o este limite, apesar de haver material para lançar, as *Molders* não podem processar os lotes pois não há *Kanbans* disponíveis. Esta situação é registada como falta de material. No entanto, a inexistência de material é aparente pois os lotes só não são processados por não haver *Kanbans*.

Assim, como situações de falta de operadora levam a acumulação de lotes, e portanto à ocupação de *Kanbans*, parte do tempo que deveria ser registado como falta de operadora é registado (por não existirem *Kanbans*) como falta de material! Concluimos então que na realidade, para duas operadoras, a percentagem de falta de operadora é superior à traduzida pelos gráficos, faltando a parcela correspondente às situações em que há falta de operadora e se atingiu o limite de *Kanbans*.

Na situação de três operadoras existem *Kanbans* suficientes em devido ao processamento mais rápido dos lotes derivado da menor perda por falta de operadoras.

5.4.2 Finish

Para *Finish* correu-se o modelo para uma a cinco operadoras, número total de máquinas na área.

5.4.2.1 Cycle Time

Na evolução do *Cycle Time*, ver Gráfico , identificam-se três fases: entre 1 e 2 operadoras, 2 e 3, e entre 3 e 5.

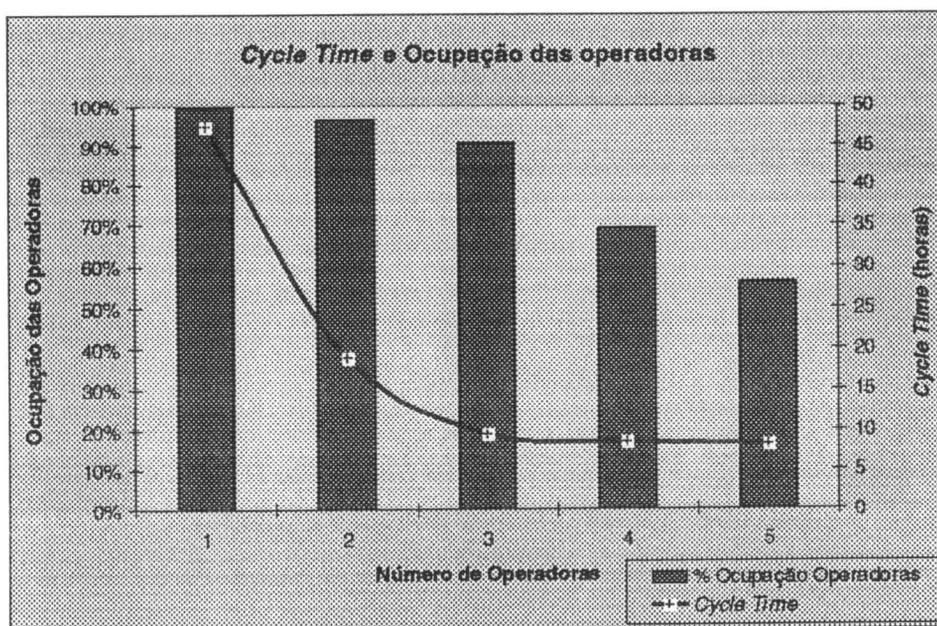


Gráfico 5.4 Cycle Time e Ocupação das operadoras em função do número de operadoras na área de Finish.

Entre uma e duas operadoras, o *Cycle Time* decresce motivado pelo grande aumento do volume de produção, causando uma diminuição do *Cycle Time*.

Entre duas e três operadoras, o volume de produção é constante (Gráfico 5.6) mas o material em curso de fabrico diminui devido ao menor tempo em fila de espera provocado pela diminuição das perdas por falta de operadora (Gráfico 5.7).

Para mais de três operadoras o *Cycle Time* estabiliza num valor dependente do tempo efectivo de processamento.

5.4.2.2 Perdas por falta de operadora

5.4.2.2.1 Diferentes níveis

As percentagens de perdas por falta de operadora são mais elevadas em Símbolo e Trim&Form+Singulate (Gráfico 5.7) pois é nestes dois casos que as chamadas de operadora são mais frequentes. De facto, em Mold, por a operadora ser ocupada durante todo o tempo de processamento e só ser “libertada” quando o lote é finalizado, esta só é chamada aquando do início do lote. Em Símbolo e Trim&Form+Singulate a operadora para além de ser chamada nesta situação, é ainda chamada por MTBA.

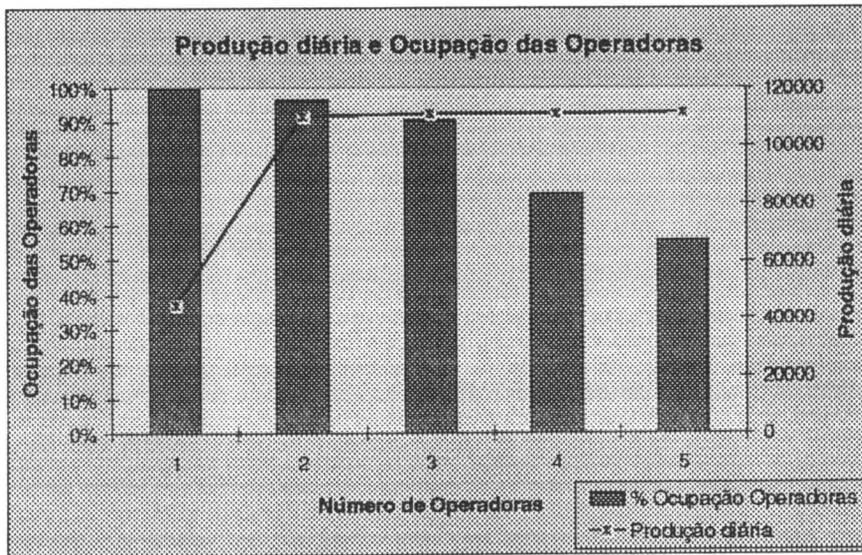


Gráfico 5.6 Volume produzido por dia e Ocupação das operadoras em função do número de operadoras na área Finish.

Apesar do MTBA ser idêntico em Símbolo e Trim&Form+Singulate, Símbolo apresenta níveis mais elevados de perdas por falta de operadora por requerer *Setup* quando se muda de Pin Count e de Parent.

5.4.2.2.2 Evolução distinta

É bastante nítida a semelhança entre as evoluções das perdas por falta de operadora em Símbolo e Trim&Form+Singulate. Mold distingue-se destas devido às poucas

perdas por falta de assistência na situação de duas operadoras, tipo de evolução já observada em *Assembly*.

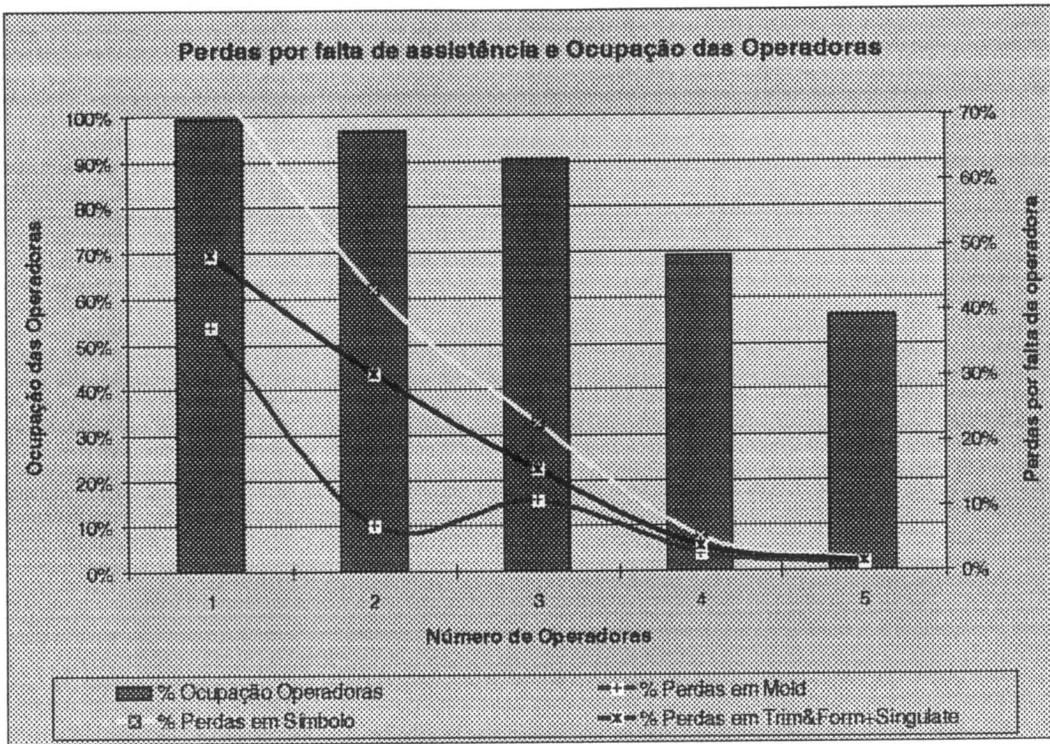


Gráfico5.7 Perdas por falta de operadora e Ocupação das operadoras em função do número de operadoras na área Finish.

Neste caso em particular, como *Mold* tem um tempo de processamento muito curto, mantém as zonas seguintes, Símbolo e *Trim&Form+Singulate* alimentadas pelo que aí não se sente o efeito da falta de *Kanbans*.

Na situação de três operadoras existem *Kanbans* suficientes em *Mold* devido ao processamento mais rápido dos lotes em Símbolo e *Trim&Form+Singulate* derivado da menor perda por falta de operadoras.

5.4.3 Test&Pack

Para a área de *Test&Pack* fizeram-se “runs” para três a nove operadoras.

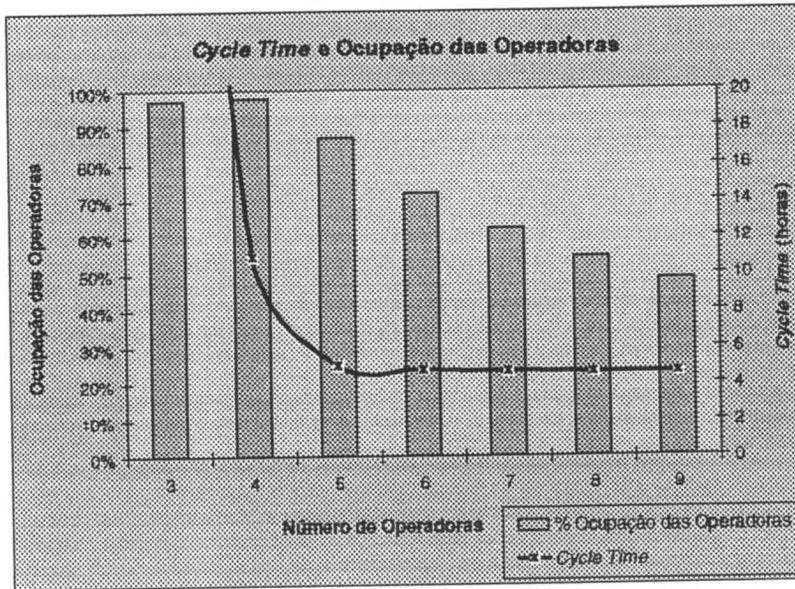


Gráfico 5.8 Cycle Time e percentagem de ocupação das operadoras na área de *Test&Pack*.

5.4.3.1 Cycle Time

A curva de *Cycle Time* tem uma evolução típica, ver Gráfico , diminuindo de um modo exponencial com o aumento do número de operadoras, por aumento do volume de produção (Gráfico 5.10) e diminuição de WIP. Note-se que para menos de quatro operadoras se atinge um valor extremamente elevado devido às elevadas exigências em termos de assistência que esta área tem.

5.4.3.2 Perdas por Falta de Operadoras

O impacto do número de operadoras é muito maior no caso das máquinas de *Tape&Reel* do que no das *Testers* (ver Gráfico 5.9), já que exigem intervenções muito mais frequentes. De facto, para além das operações de colocar os lotes nas máquinas, por cada 500 unidades embaladas em *Tape&Reel* a operadora tem que trocar a bobine cheia por uma vazia.

5.4.3.3 Ocupação das operadoras

A ocupação das operadoras não chega a 100% porque os *Kanbans* limitam a quantidade de material lançada na linha.

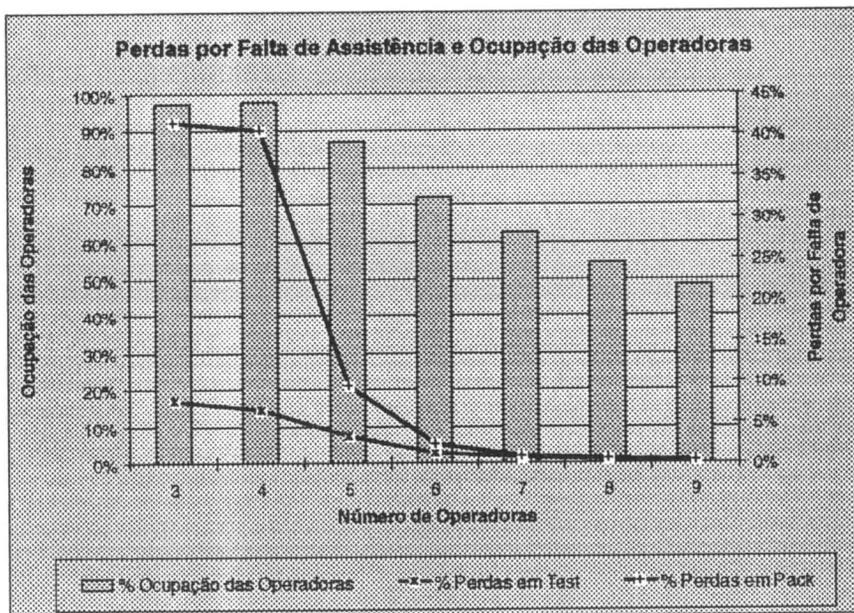


Gráfico 5.9 Perdas por falta de assistência e ocupação das operadoras na área de Test&Pack.

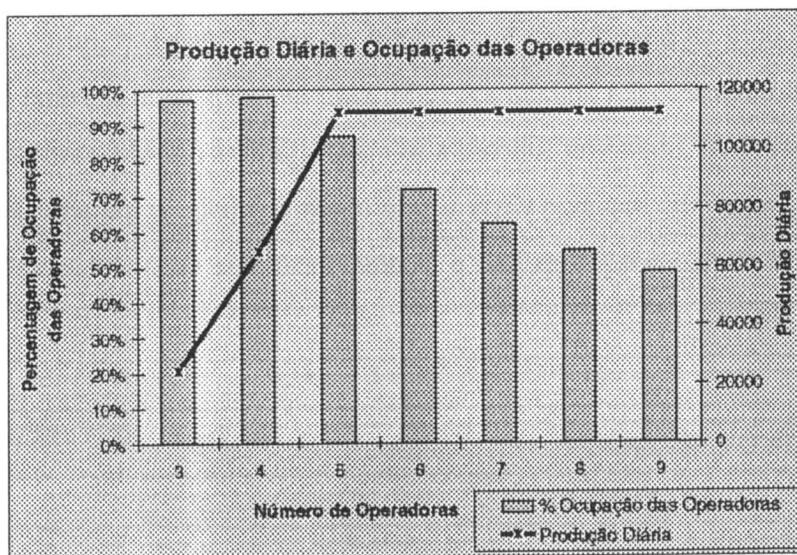


Gráfico 5.10 Volume produzido diariamente e percentagem de ocupação das operadoras na área de Test&Pack.

5.4.4 Conclusões da Análise Relativa às Operadoras

Assim, para cada área foram calculadas as classificações finais dos cenários em que varia o número de operadoras.

Assembly

Número de Operadoras	Ocupação de Operadoras	Perdas de equipamento		Cycle Time	Produção	Classificação
		M	B			
1	0	0	0	0	0	0
2	2	0	2	0.5	0	5
3	2	0	0	0	0	4
4	3	2	3	2.25	0	19.5
5	2	2	2	2	3	20
6	0	2	2	2	3	16
7	0	2	2	2	3	16

Quadro 5.43 Classificação dos cenários com variação de número de operadoras em Assembly.

Concluimos assim, que para a área de *Assembly* o valor ideal é de cinco operadoras. No entanto convém notar que tem uma diferença mínima relativamente à situação de quatro operadoras. Mesmo assim justifica-se a escolha, no estudo, da primeira situação visto que bastaria um pequeno aumento no *Forecast* para que com quatro operadoras o *Cycle Time* aumentasse significativamente e não se conseguisse fazer a produção necessária.

Finish

Número de Operadoras	Ocupação de Operadoras	Perdas de equipamento			Cycle Time	Produção	Classificação
		M	S	T			
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	3	0	0	0.5	0	1
3	0	0	0	0	0	2	3
4	3	2	3	2	2.17	3	3
5	1	2	2	2	2	3	3

Quadro 5.44 Classificação dos cenários com variação de número de operadoras em *Finish*.

Quatro operadoras é o número encontrado para *Finish*. Este resultado é o esperado visto que para menos de quatro operadoras a sua ocupação é extremamente elevada.

Número de Operadoras	Ocupação de Operadoras	Perdas de equipamento		Cycle Time	Produção	Classificação	
		T	P				
3	0	2	0	0.5	0	0	1
4	0	3	0	0.75	0	0	1.5
5	0	2	2	2	3	3	16
6	3	2	2	2	3	3	22
7	2	2	2	2	3	3	20
8	0	2	2	2	3	3	16
9	0	2	2	2	3	3	16

Quadro 5.45 Classificação dos cenários com variação de número de operadoras em *Test&Pack*.

Na área de *Test&Pack* devemos ter seis operadoras. Tal como em *Finish*, a ocupação das operadoras revela-se o factor limitante.



5.5 Análise de Sensibilidade ao Número de Máquinas

Para as áreas de Finish e Tape&Reel fizeram-se “runs” para diversas combinações do número de máquinas de cada tipo de equipamento, recolhendo-se estatísticas de Cycle Time e ocupação do equipamento. Como número de operadoras usou-se o obtido como óptimo na fase anterior.

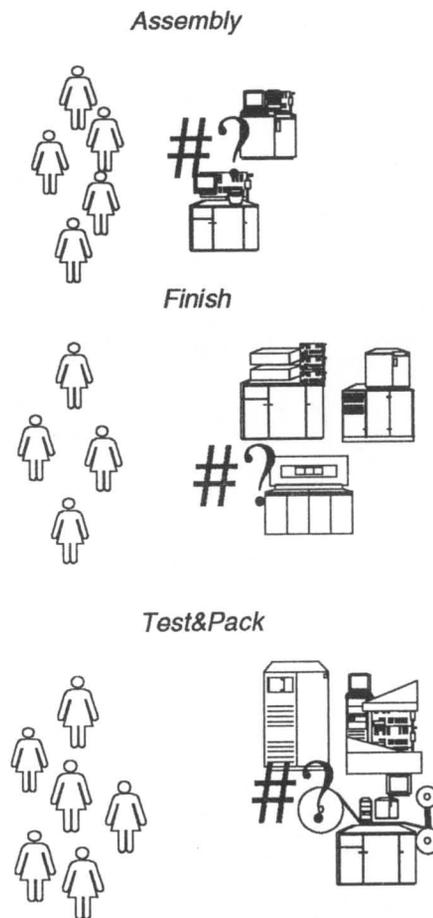


Figura 5.14 Ilustração do objectivo da análise de sensibilidade ao número de máquinas.

5.5.1 Assembly

Para *Assembly* o número de operadoras obtido foi cinco, e fizeram-se combinações de 3 a 7 *Mounters* com 12 a 16 *Bonders*:

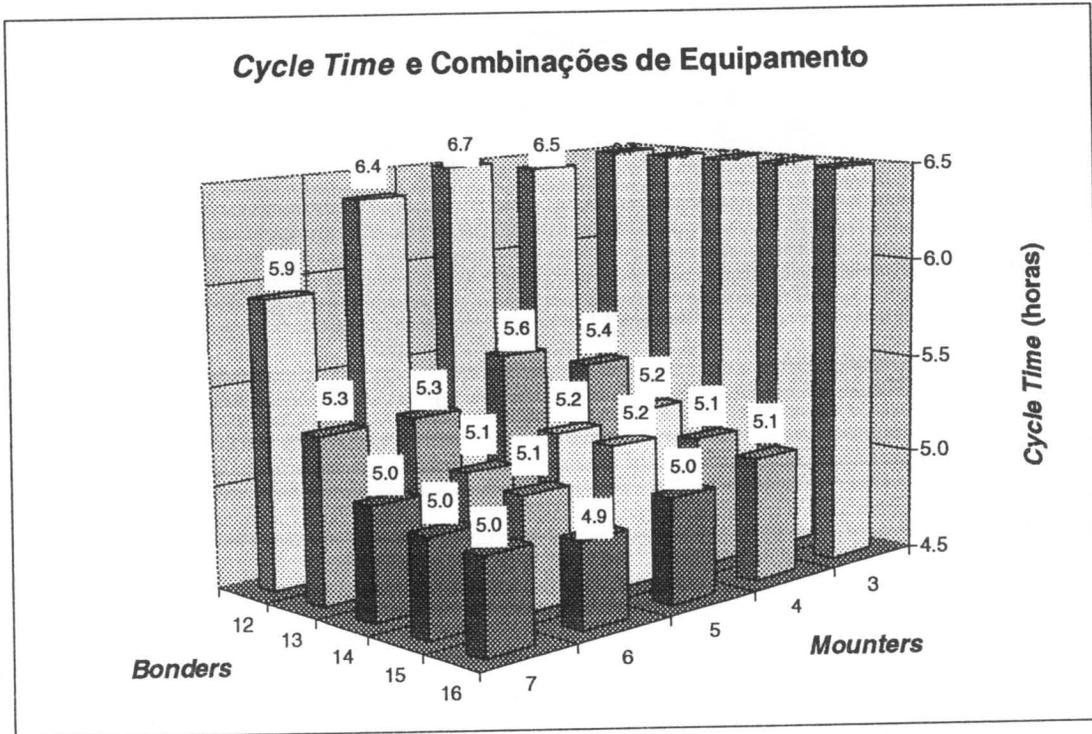


Gráfico 5.11 Cycle Time em função da combinação do número de *Mounters* e *Bonders*.

Verificamos que, de um modo geral, à medida que aumentamos o número quer de *Mounters* quer de *Bonders* o *Cycle Time* diminui, Gráfico 5.11. No entanto, para um número já elevado de equipamento, a diferença deixa de ser significativa por se aproximar do tempo real de processamento e já não existirem grandes perdas de tempo em fila de espera.

Obviamente, para uma dada quantidade de *Mounters*, independentemente do número de *Bonders*, a ocupação daquelas é idêntica quando se faz o *Forecast* (Gráfico 5.12).

Para um dado número de *Bonders*, nota-se uma evolução exponencial da sua ocupação com a variação do número de *Mounters*, Gráfico 5.13.

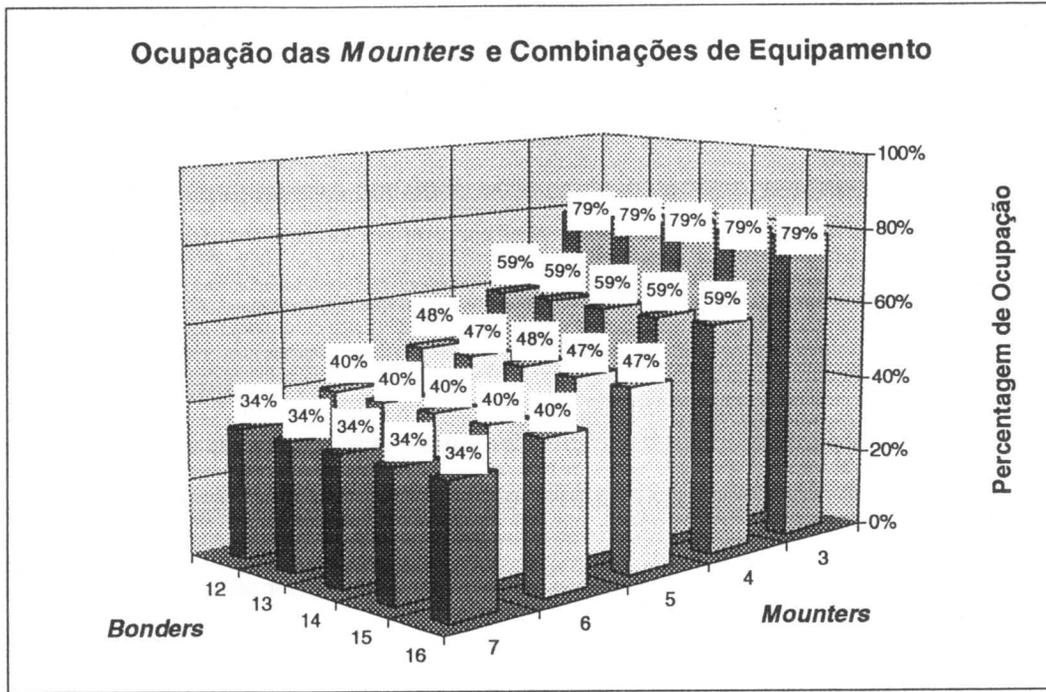


Gráfico 5.12 Percentagem de ocupação das *Mounters* em função da combinação do número de *Mounters* e *Bonders*.

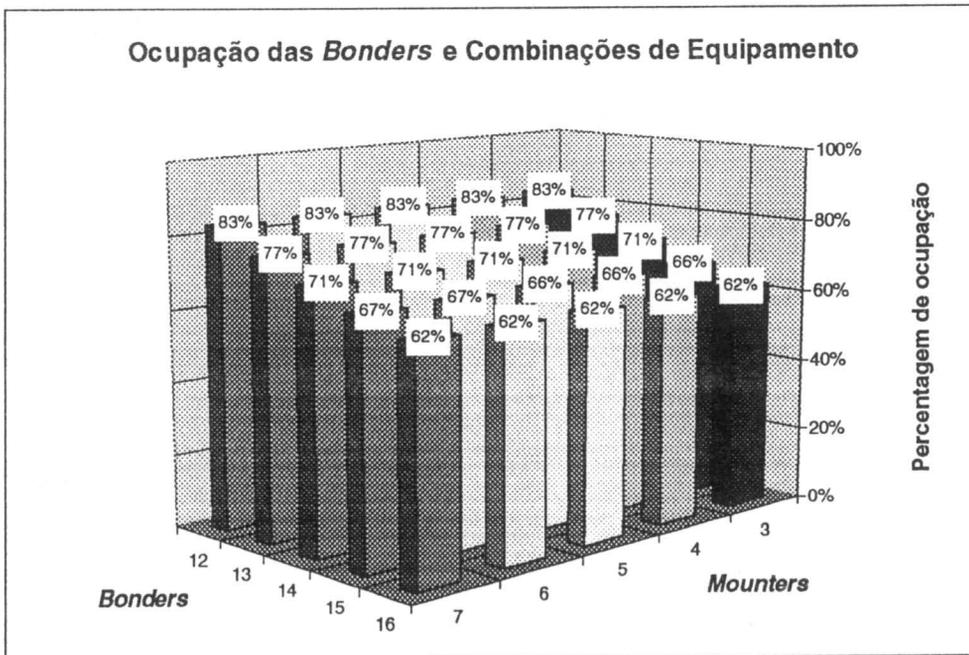


Gráfico 5.13 Percentagem de ocupação das *Bonders* em função da combinação do número de *Mounters* e *Bonders*.

No caso das *Bonders*, a reacção é semelhante à das *Mounters*. Contudo a diminuição da ocupação das *Bonders* com o aumento do seu número e para determinada quantidade de *Mounters* é menos acentuada. Isto porque já temos uma quantidade considerável de equipamento por onde os lotes de distribuem, amortecendo o efeito de mais uma máquina.

5.5.2 *Test&Pack*

Para *Test&Pack* obteve-se seis como número óptimo de operadoras, e fizeram-se combinações de equipamento de 2 a 4 máquinas de *Tape&Reel* com 8 a 13 *Handlers*.

Nota-se que não é benéfico em termos de *Cycle Time* aumentar demasiado o número de máquinas. Ver Gráfico 5.14. De facto, à excepção da combinação com sete *Handlers*, o *Cycle Time* aumenta quando passamos de três para quatro máquinas de *Tape&Reel*.

O aumento de *Cycle Time* ao passar de três para quatro máquinas de *Tape&Reel* deve-se à distribuição dos lotes pelo equipamento quando havia capacidade para processar o volume de *Forecast* em apenas três *Tape&Reel* e sem grandes filas de espera.

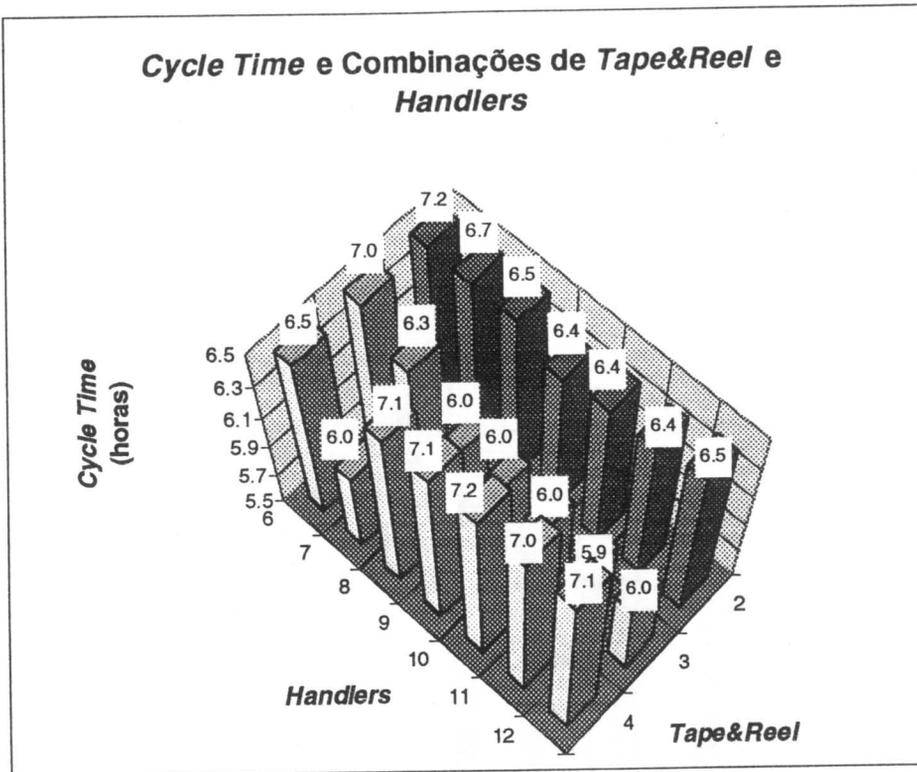


Gráfico 5.14 Cycle Time em função da combinação do número de Tape&Reel e Handlers.

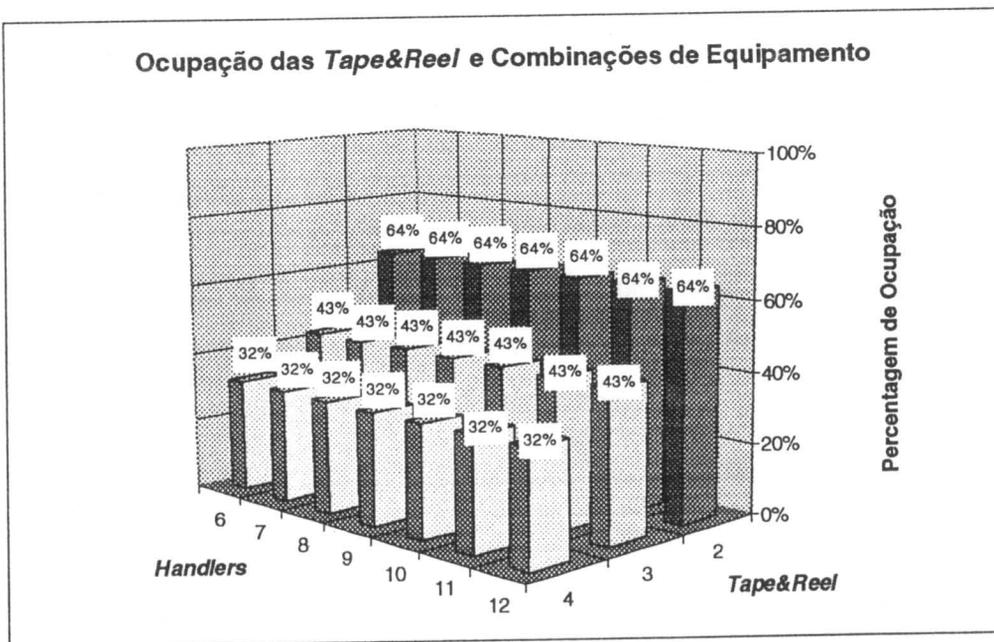


Gráfico 5.15 Percentagem de ocupação das Tape&Reel em função da combinação do número de máquinas de Tape&Reel e Handlers.

A evolução da ocupação do equipamento de *Tape&Reel* é a típica de quando se aumenta o número de máquinas pela partilha do tempo de processamento.

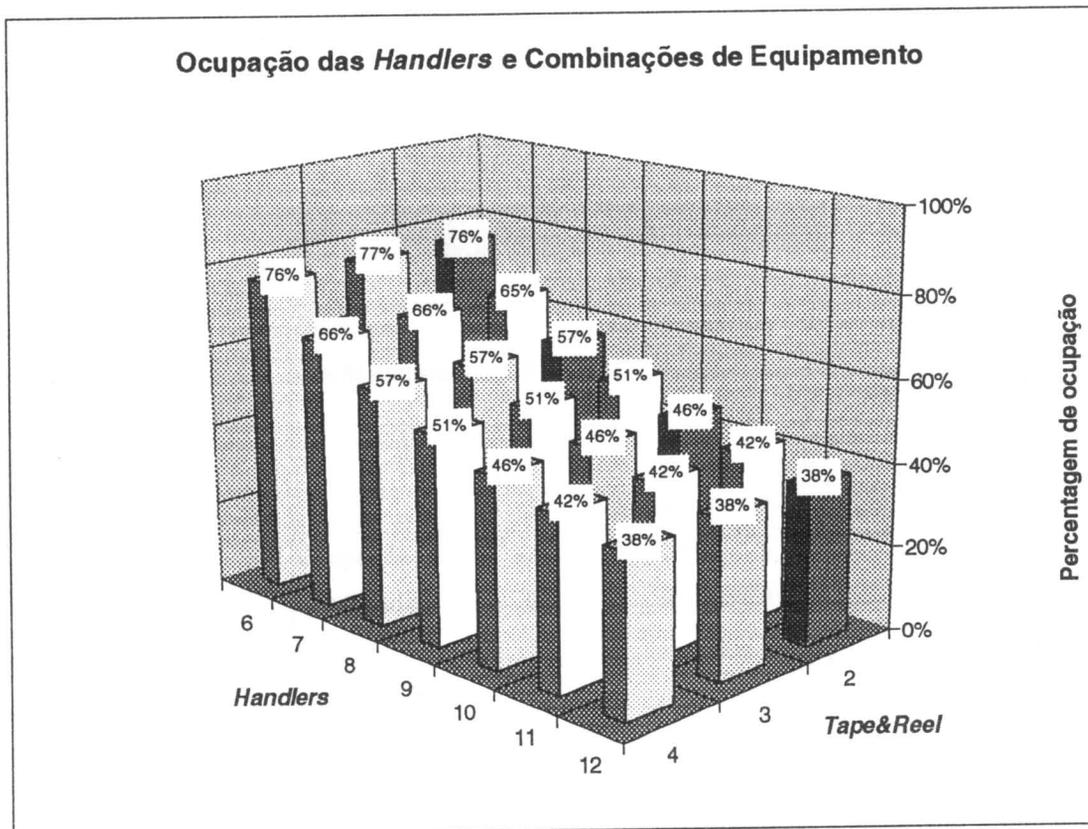


Gráfico 5.16 Percentagem de ocupação das *Handlers* em função da combinação do número de máquinas de *Tape&Reel* e *Handlers*.

Também a evolução da ocupação das *Handlers* segue a esperada função exponencial. Ver Gráfico 5.16. De notar que tal como ocorreu com as *Bonders* o decréscimo de ocupação é menos acentuado visto serem numerosas.

5.5.3 Conclusões da Análise Relativa ao Equipamento

Usando o sistema de avaliação definido para o equipamento de *Assembly* obtemos as classificações:

Assembly

		<i>Mounters</i>		<i>Bonders</i>			
			12	13	14	15	16
Ocupação das <i>Mounters</i>	7	0	0	0	0	0	0
	6	1	1	1	1	1	1
	5	3	3	3	3	3	3
	4	2	2	2	2	2	2
	3	0	0	0	0	0	0
Ocupação das <i>Bonders</i>	7	0	2	3	3	2	
	6	0	2	3	3	2	
	5	0	2	3	3	2	
	4	0	2	3	3	2	
	3	0	2	3	3	2	
Cycle Time	7	1	2	2	3	3	
	6	0	2	2	2	3	
	5	0	1	2	2	2	
	4	0	2	2	2	2	
	3	0	0	0	0	0	
Classificação	7	1	4	5	6	5	
	6	1	5	6	6	6	
	5	3	6	8	8	7	
	4	2	6	7	7	6	
	3	0	2	3	3	2	

Quadro 5.46 Classificação das diversas combinações de equipamento em *Assembly*.

Chegamos, deste modo, a duas soluções igualmente classificadas, 5 *Mounters* com 14 ou 15 *Bonders*. A solução a escolher é a que tem menor número de máquinas: 5 *Mounters* e 14 *Bonders*.

Finish

		<i>Tape&Reel</i>			<i>Handlers</i>					
			5	6	7	8	9	10	11	12
Ocupação das Handlers	2	0	2	3	2	1	0	0	0	0
	3	0	2	3	2	1	0	0	0	0
	4	0	2	3	2	1	0	0	0	0
Ocupação das Tape&Reel	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	2	2	2	2	2	2	2	2	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cycle Time	2	1	1	2	2	2	2	2	2	3
	3	1	2	2	3	3	3	3	3	3
	4	2	3	1	1	1	1	1	1	3
Classificação	2	1	3	5	4	3	2	2	2	3
	3	3	6	7	7	6	5	5	5	3
	4	2	5	4	3	2	1	1	1	3

Quadro 5.47 Classificação das diversas combinações de equipamento em Test&Pack.

Tal como em *Assembly*, temos duas soluções óptimas: 3 *Tape&Reel* com 7 ou 8 *Handlers*. No entanto, neste caso não devemos escolher 7 *Handlers* mas sim 8. Isto porque as *Testers* podem ser ligadas a duas *Handlers*. Se escolhêssemos um número ímpar de *Handlers* as *Testers* ficariam sub-ocupadas.

5.6 Conclusões Gerais

Consolidando toda a informação dos pontos anteriores, concluímos que para a área de *Assembly* o ideal é ter cinco operadoras para 5 *Mounters* e 14 *Bonders*.

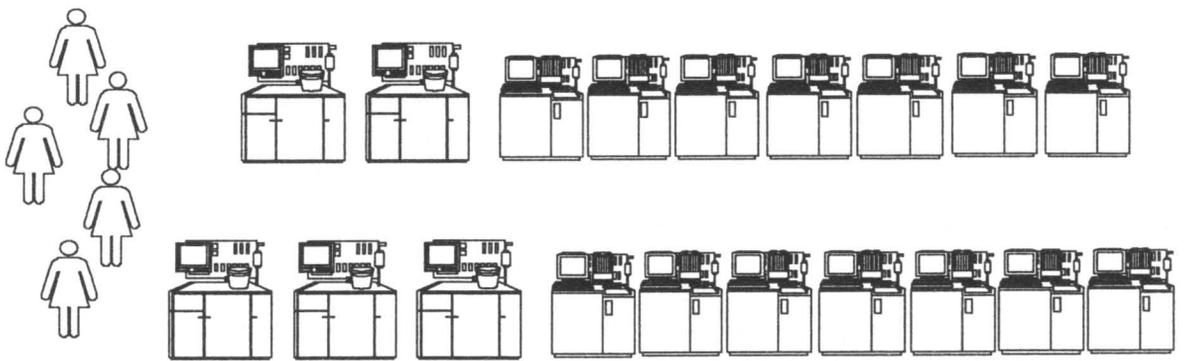


Figura 5.15 Ilustração da solução encontrada para *Assembly*.

Para *Finish* devemos ter quatro operadoras para 2 máquinas de *Mold*, 1 *Laser* e 2 *Trim&Form+Singulate*.

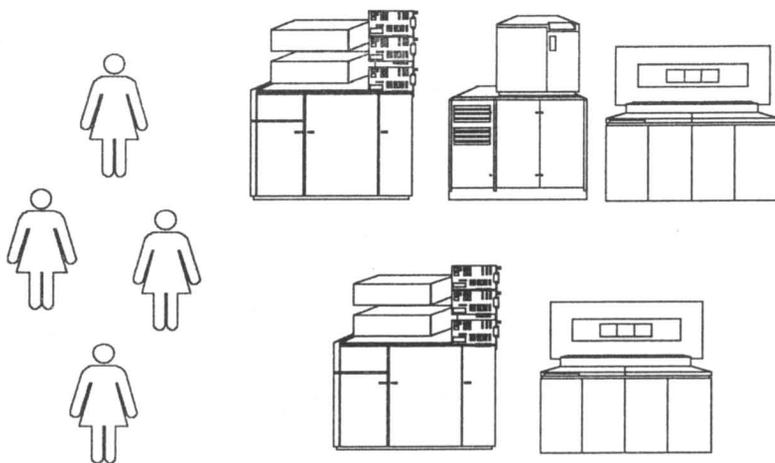


Figura 5.16 Ilustração da solução encontrada para *Finish*.

Na área de *Test&Pack* o óptimo é ter seis operadoras para 3 *Tape&Reel*, 4 *Testers* e 8 *Handlers*.

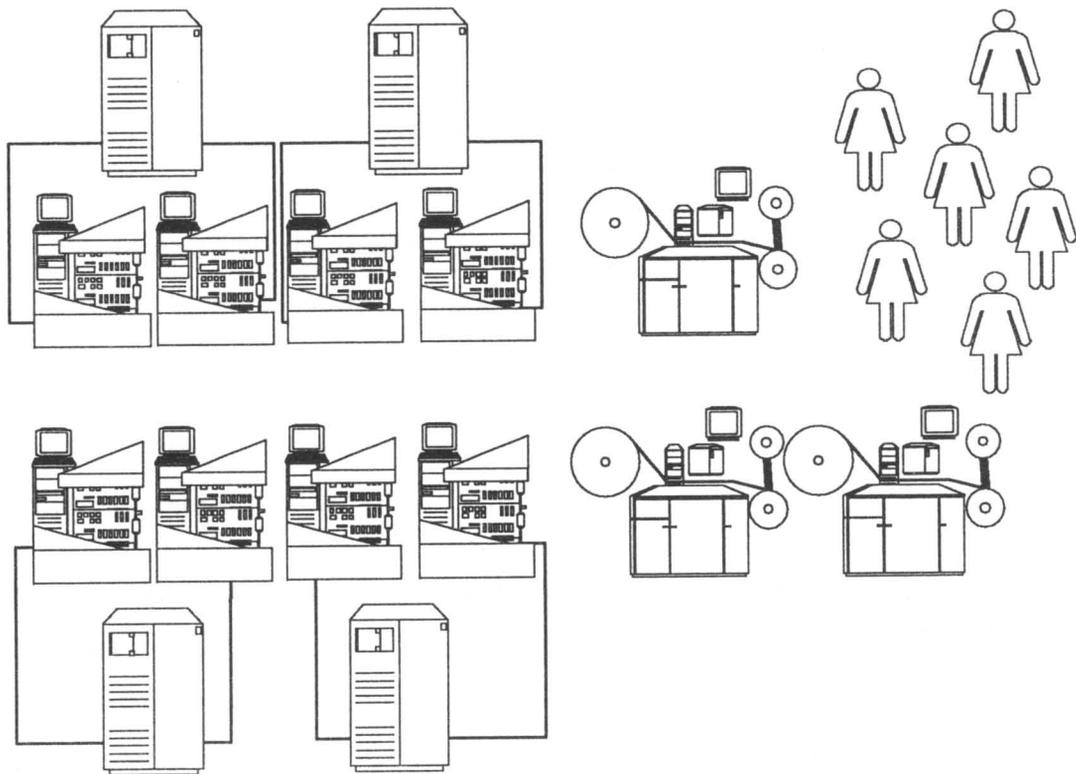


Figura 5.17 Ilustração da solução encontrada para a área de *Test&Pack*.

Últimos Comentários

Ao fim de seis meses de estágio deveras preenchidos, acredito ter sido privilegiada pela excelente oportunidade de contactar de tão perto com o ambiente real de uma grande empresa. Foi-me proporcionado o envolvimento na estrutura organizacional, permitindo-me aperceber das relações por vezes difíceis, mas sempre complexas entre cada elemento e o todo e dos elementos entre si.

Realmente importante foi verificar que grande parte das ferramentas de análise e gestão descobertas na Faculdade têm de facto aplicação prática, revelando-se muito proveitosas quando se lhes dá o devido valor.

A meu ver, a simulação é uma ferramenta extremamente útil quando se quer ter apoio em decisões radicais e inovadoras. Parece-me que o Testsim/X, apesar de requerer algum trabalho e dedicação nos primeiros contactos, desde que convenientemente utilizado pode ser muito poderoso e simultaneamente bastante simples. O seu âmbito de aplicação é suficientemente alargado para que qualquer gestor independentemente da sua área de trabalho o possa utilizar com proveito.

Bibliografia

Tyecin Systems Inc., (1996) *Testsim/X Training Class*

Tyecin Systems Inc., (1996) *Testsim/X User Manual Release 3.7*

Tyecin Systems Inc., (1996) *Testsim/X User Manual Release 3.8*

C. Moreira da Silva, *Simulação*

Guimarães, Rui Campos, (1979) *Metodologia da Investigação Operacional*

TISEP, *Candidatura ao Prémio de Excelência 1995*

TISEP, *Manuais de Treino*

TISEP, *Manual de Qualidade*

TISEP, *SPECS*

Anexo 1

Genéricos

Localização dos Parâmetros nas Funções

Mapa de Entrada de Dados

Factory Rules, Shifts & Work Areas

*Groups, Period, Inventory, Lot Starts, Hardware, Consumable & Burnin
Boards*

Work Stations 1

Work Stations 2

Processes

Products

Localização dos Parâmetros nas funções de Testsim/X

Função		Work Stations	Products	Products	Products	Processes	Processes			
Dependências		WStation	Eq	Eq/Prod	Prod	Step/Prod	Eq/Step/Prod	Proc	Eq/Step	
Parâmetros	MTBA	✓	✓	✓						
	MTTA	✓	✓	✓						
	MTBF	✓	✓							
	MTTR	✓	✓							
	PPH		✓	✓					✓	
	SETUP			✓						
	START				✓					
	YIELD					✓		✓		
	SCRAP					✓		✓		
	REWORK					✓		✓		
	ProcTime							✓	✓	✓
	Spec Codes								✓	
	Type Codes								✓	
	Op Codes								✓	
	Step Code								✓	
Setup Spec			✓				✓		✓	
Setup Type			✓				✓		✓	
Product Type					✓					

Mapa de Entrada de Datos

Factory Rules, Shifts & Work Areas

Using Possibilities

Characteristics

	Using Possibilities	Characteristics
FACTORY RULES		
Max queue time (hr)		
Max factory WIP (lots)		
Process delay range (min)		
Factory lookahead		
Dispatch Rule		
Equipment Load Rule		se+q1 lote/vez
Equipment Setup Rule		
Workload Regulating Rule		
MITR Workload Option		
Maximum Workload		
SHIFTS		
Start Day		
End Day		
Shift 1-5 (Start)		
Shift 1-5 (Len)		
WORK AREAS		
Operators by Shift		
Start Day	d	
End Day	d	
Shift 1-5 (Start)	d	
Shift 1-5 (Count)		
Assign Operator Skills by Shift		
Pers.		WS/SpecCodes
Skill (#5)		
Operator Breaks by Shift		
Pers.	d	ref. beginning
Day 1-3 (Start hr min)		
Day 1-3 (Len min)		
Week 1-2 (Day)		ref. beginning
Week 1-2 (Start hr min)		
Week 1-2 (Day Len min)		
Maint. Personnel by Shift		
Start Day	d	
End Day	d	
Shift 1-5 (Start)	d	
Shift 1-5 (Count)		
Assign Maintenance Skills by Shift		
Pers.		WS/SpecCodes
Skill (#5)		
Maintenance Breaks by Shift		
Pers.	d	ref. beginning
Day 1-3 (Start hr min)		
Day 1-3 (Len min)		
Week 1-2 (Day)		ref. beginning
Week 1-2 (Start hr min)		
Week 1-2 (Day Len min)		
Operators Costs by Shift		
Start Day		
End Day		
Shift 1-5 (Start)		
Shift 1-5 (Cost)		

d: display only

Mapa de Entrada de Datos

Groups, Periods, Inventory, Lot Starts, Hardware, Consumable & Burnin Boards

	Using Possibilities	Characteristics
GROUPS		
Group ID	d	
Test Equipment Work Stations		
PERIODS		
Period	d	
Calendar Days in Period		
Desc		
D1-D10		Maximum: 10. In ascending order.
INVENTORY		
Lot ID		
Part Count		
Due (days)		Only used when Due Date Rule was selected
Pri.		0-99
Process Step No.		
Product ID		
LOT STARTS		
Lot ID		
Part Count		
Due (Days)		
Pri.		
HARDWARE		
Hardware ID		Does not allocate
Qty		
CONSUMABLE		
Consumable ID		
Unit Cost		
Unit Label		
BURNIN BOARDS		
Burnin Board ID		
Qty		
No. of Sockets		

d: display only

Mapa de Entrada de Datos

Work Stations 1

WORK STATIONS		
Work Station Type		
Work Station Definition		
Work Station ID		
Work Area	d	
Equipment ID		
Work Station Type		
Max queue time (hr)		
Load time (min)		
Unload time (min)		
MTBF (hr)		
MTTR (hr)		
MTBA (min)		
MTTA (min)		
Process delay (min)		
Max. Eq./Operator		At a time
Minimum Part Split		Sublot
Multihead Load Rule	Only for Testers	
Equipment Load Rule		
Equipment Setup Rule		
Dispatch Rule		
Factory Lookahead Rule		
Equipment Fail Rule		
Lookahead/Lookbehind		
Equipment Definition		
Equipment Type Code		*, if it's an Operator
MTBF hr		
MTTR hr		
Setup Type		
Setup Spec		
MTBA min		
MTTA min		
Parts/Hr	Not for Handlers nor Burnin	
Load Size (Lots)	Not for Testers nor Burnin	
Load Size (Parts)	Not for Testers nor Burnin	
Min. Load	Not for Testers nor Burnin	
Num Heads	Only for Testers	
Num Sites	Only for Testers	
Num Test Sites	Only for Handlers	
Setup Attatch min	Only for Handlers	
Num Sect	Only for Burnin	
Num Slots	Only for Burnin	
Preventive Maintenance		
Start Day		
PM Int. (days)		
PM Int. (hours)		
by usage #Loads		
Rule		
PM Dur. P1-P3 (hr min)		
Code		
Description		
Shutdown Schedule		
Start Day		Engineering
Start Time (hr min)		Dummy days!
Dur. (hr min)		
Rule		
Set Equipment Status		
Equipment	Not for Handlers	
Status d(own)	d	
Duration (days hrs)		
First Fail (days hrs)		
Off Line (Start)		
Off Line (Dur.)		

d: display only

Mapa de Entrada de Datos

Work Stations 2

Capacity & Setup by Product	Not for Handler nor Burnin	For the WS or the Equipment
Product	d	
Parts/hr		
Setup min		
MTBA min		
MTTA min		
Setup by Step	Not for Handlers	For the WS or the Equipment
Spec1/Spec2	d	
Setup Times From 1 to 2 (min)		
Setup Times From 2 to 1 (min)		
Equipment Index Times	Only for Testers and Handlers	
Equipment	d	
Wafer Index Time (sec)		
Die Index Time (sec)		
Package Index Time (sec)		
Equipment Subsets	Only for General	
Equipment		
Subset Codes		
Queue Control Parameters	Not for Handlers	
Package Type	d	
Min. Units		
Max. Units		
Lookahead Workstation		
Lookbehind Workstation		
Automated Equipment Loading	Only for Burnin or General	
AEL: Load/Unload Tools		
Tool ID		
MTBF hr		
MTTR hr		
Parts/hr		
Time/Lot min		Does not override L/U Times at WS Def.
AEL: Load/Unload of Equipment	Only for Burnin or General	
Equipment	D	
Load Tool		
Unload Tool		If blank then it is equal to the Load Tool
Equipment Costs	Not for Handlers	
Equipment		
Time Cost (Units/hr.)		
Time Cost (per load)		
Consumable for all Equipment	Not for Handlers	
Work Station		
Equipment	d	
Consumable		previously defined
/hour busy		
/hour idle		
/hour down		
/load		
All Work Station Definitions		
Work Station	d	
Work Area		
Max Eq. Op.		
Ld		
Dis		
Set		
Max QTime hr		
Load Time min		
Unload Time min		
Process delay		
All Equipment Parameters		
Equipment	d	
Param		Used with the Alternate Proc.Def.(Processes)

d: display only

Mapa de Entrada de Datos

Process

Equipment for Step	Not for Test Groups or Burnin	
Step #	d	
Ws Pr	d	
A	d	
Oper.	d	
Description	d	
Work Station		
Equipment		
Proc Time hr min		Includes Load and Unload but not queue time
Parts/Hr		Overrides process time
Load Lots		If load parts is not entered
Load Parts		
Setup (type)		
Setup(Spec)		
*		if equals "b" then it is only for backup
Que		
Equipment for All Steps		Equal fields.
Consumable for Step		
Consumable		
Units/hr busy		
Units/load		
Consumable for All Steps		
Pull Cards		
Step#	d	
Work Station	d	
Subset	d	
Spec	d	
Operation	d	
Description	d	
Pull Cards		
Alternate Processing		
Step	d	
Work Station	d	
Description	d	
Do		Parameters
%		
Skip		
%		
A/D		
Step Param		

d: display only

Mapa de Entrada de Datos

Products

PRODUCTS			ProcTime hr min
Product			Load Size (Lot)
Step			Load Size (Part)
Product Definition			Setup Type
Product ID	d		Setup Spec
Process ID			*
Package Type		For Lookahead and Lookbehind Rules	Consumable for Step
Safety Stock			Consumable
Reservations			Units/hr busy
Die/Wafer			Units/load
Product Type			Consumable for All Steps
Max product WIP (lots)			Material Requirements for Lot Starts
Priority Class		0-99; Major sort field.	Product ID
Hot lots %		Priority 3	Material Required
Start rate (parts/wk)		If Constant is chosen for Product Starts	Quantity
Lot size (parts): Low			Material Requirements for Recipe Step
Lot size (parts): High			Step#
Lot size (parts): Mode		Triangular distribution if entered	Description
Lots/Start			Work Station
Due date factor		Multiplier	Material Required
Due date days		To be used instead of Due date factor	Quantity
Demand/Starts bu Period			Yield, Scrap & Rework by Step
Period	d		Step#
Days	d		Work Station
Demand (parts)			Yield %
Starts (parts)			v
Process Times & Hardware			Scrap %
Step#	d		v
Work Station	d		Rework %
ProcTime hr min	d		Rework % Parts
Operation	d		Step Description
ProcTime hr min		Overrides the one for Process Step	Product Binning
Parts/hr			Post Split Product(s)
Spec			Split %
Hardware ID			Initial Product Inventory
Step Code			Lots
Tester/Hardware Dependencies			Parts
Tester Work Stn			Work Station
Handler/Prober			Oper Code
Loadboard/Probe Card			Description
Hardware Interface			Initial Lot Inventory
No. of Heads		<= No. Heads on the WS	Lot ID
No. of Sites			Part Count
Parts/hr (Good)			Due (days)
Parts/hr (Fail)			Pri.
Test Time (Good)			P5rocess Step No.
Test Time (Fail)			Lot Starts
Step Data by Period			Lot ID
Pd			Part Count
Desc			Due (days)
Days			Pri.
Yield			Lot Start (wk. day hr)
Rework %			Lot Starts by Day and Time
Scrap %			Period
Parts/Hour			Week
ProcTime hr min			Day
Factor			Start Time hr min
Burn In Dependencies			End Time hr min
Burnin Work Stn			Parts
Burnin Board ID			All Products Definitions
Burnin Time hr min			Product ID
No. of Sockets			Prod Type
Equipment for Step			Pri Cls
Step#			Process ID
Ws/Pr			Lot Size
A			Start Rate
Oper.			Product Parameters
Description			Product
WorkStation			Param
Equipment			

d: display only

Anexo 2

Turnos e Pessoal

Continuous Working Week

Modelação de Treinos e Reuniões

Estudo do Número de Técnicos

HORÁRIO DE TRABALHO PARA 1996

REVISÃO

	01/01	06/01	07/01	13/01	14/01	20/01	21/01	27/01	28/01	03/02	04/02	10/02			
	D	S	T	Q	Q	S	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S
A -	H	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1
B -	H	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
C -	H	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
D -	H	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

	11/02	17/02	18/02	24/02	25/02	02/03	03/03	09/03	10/03	16/03	17/03	23/03	24/03	30/03	
	D	S	T	Q	Q	S	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S
A -	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	
B -	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	
C -	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	
D -	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	

	31/03	06/04	07/04	13/04	14/04	20/04	21/04	27/04	28/04	04/05	05/05	11/05	12/05	18/05	
	D	S	T	Q	Q	S	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S
A -	1	0	0	1	1	H	F	H	1	1	1	1	1	1	
B -	0	1	1	1	1	H	F	H	1	1	1	1	1	1	
C -	1	1	1	0	0	H	F	H	0	0	1	1	1	1	
D -	0	1	1	1	1	H	0	H	1	1	1	1	1	1	

	19/05	25/05	26/05	01/06	02/06	08/06	09/06	15/06	16/06	22/06	23/06	29/06	30/06	06/07	
	D	S	T	Q	Q	S	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S
A -	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	
B -	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	
C -	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	
D -	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

	07/07	13/07	14/07	20/07	21/07	27/07	28/07	03/08	04/08	10/08	11/08	17/08	18/08	24/08	
	D	S	T	Q	Q	S	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S
A -	0	1	1	1	1	1	1	1	0	F	F	F	F	F	
B -	0	1	1	1	1	1	1	1	0	F	F	F	F	F	
C -	0	F	F	F	F	F	F	F	0	F	F	F	F	F	
D -	0	1	1	1	1	1	1	1	0	F	F	F	F	F	

	25/08	31/08	01/09	07/09	08/09	14/09	15/09	21/09	22/09	28/09	29/09	05/10	06/10	12/10	
	D	S	T	Q	Q	S	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S
A -	0	F	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	
B -	0	F	F	F	F	F	F	F	0	1	1	1	1	1	
C -	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	
D -	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

	13/10	19/10	20/10	26/10	27/10	02/11	03/11	09/11	10/11	16/11	17/11	23/11	24/11	30/11	
	D	S	T	Q	Q	S	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S
A -	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	
B -	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	
C -	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
D -	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	

	01/12	07/12	08/12	14/12	15/12	21/12	22/12	28/12	29/12	31/12					
	D	S	T	Q	Q	S	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S
A -	H	1	1	0	0	1	1	1	0	F	F	F	F	F	
B -	H	0	0	1	1	1	1	1	0	F	F	F	F	F	
C -	H	1	1	1	1	0	0	1	1	0	F	F	F	F	
D -	H	1	1	1	1	1	1	1	0	F	F	F	F	F	

LEGENDA ANO - 1996
 == == == ==
 1 : DIA DE TRABALHO
 0 : DIA DE FOLGA
 F : DIA DE FERIAS
 H : DIA FERIADO

EQUIPA A
 EQUIPA B
 EQUIPA C
 EQUIPA D

Actividades das operadoras: Treinos e Reuniões

Distribuição das actividades pelos dias da semana e turnos

Área de *Assembly*

Actividade	Duração e frequência	Pessoal	Modelação	Implicações
Treinos	40 hr/ano	Cada operadora	Weekly Break 2	Menos operadoras disponíveis Máquina e 2 operadoras não disponíveis
SGA's	3 hr quinzenal	2 operadoras e 1 técnico	PM&Shutdown	
P&AE	1,5 hr trimestral	Todas as Operadoras	Não considerado	Paragem da linha e operadoras desocupadas Nenhuma operadora disponível
Reunião com direcção	1 hr mensal	Todas as Operadoras	Shutdown	
Reuniões de GAT	1 hr semanal	Todas as Operadoras	Weekly Break 1	

	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
1o Turno	GAT	Treino	SGA	SGA	Reunião com direcção	Treino	
2o Turno	Reunlão com direcção	Treino	GAT	Treino		Treino	
3o Turno	Treino	Treino		Treino	Reunião com direcção	GAT	

Considerou-se que ao Domingo não há actividades extra pois é o dia em que há menos operadoras e naturalmente aquele em que estão mais ocupadas.

Note-se que os treinos e as reuniões com a direcção são feitas quando há excesso de capacidade.

As reuniões de Gat têm dias e horas constantes.

Os Shutdowns de Reuniões com direcção e SGA's poderão sobrepôr-se aos Breaks.

As SGA's, os Treinos, as Reuniões de direcção e de GAT's não se sobrepõem entre si.

Todo o PM feito pelas operadoras está incluído em %Busy nos Reports do Testsim/X.

Modelação em Testsim/X

Treinos

40 hr/ano = $40 \times 7 \times 60 / 322$ min/sem = 52.7 min/sem

Turno	Operadoras (No Médio)	Tempo (min)	Treinos/Semana	Duração dos treinos	Start (Weekly Break 2)
1o Turno	2.8	147.56	2	74	0:00
2o Turno	3.54	186.558	3	62	0:00
3o Turno	3.54	186.558	3	62	0:00

Treinos/Semana arbitrado de modo a dar uma duração semelhante à real.

SGA's: Reuniões de Total Productive Maintenance

Realizadas com a máquina BD513 que fica "Fora" da linha de produção.

Turno	Dia	Hora	Dia da semana	Duração
1o Turno	15	0:00	Quarta	3:00
1o Turno	30	0:00	Quinta	3:00

Reuniões com a direcção

Turno	Dia	Hora	Dia da semana	Duração
1o Turno	19	1:00	Sexta	1:30
2o Turno	1	0:00	Segunda	1:30
3o Turno	12	1:00	Sexta	1:30

As operadoras ficam Idle pois é impossível ocupar as operadoras numa base mensal sem ser com PM.

Reuniões de GAT's

Turno	Dia da Semana	Duração	Start (Weekly Break 1)
1o Turno	Segunda	1:00	3:30
2o Turno	Quarta	1:00	1:30
3o Turno	Sexta	1:00	1:30

Quadro1

Cálculo dos valores mínimo, máximo e médio de técnicos presentes para cada módulo

		Módulo1			Módulo2		
		1o.Turno	2o.Turno	3o.Turno	1o.Turno	2o.Turno	3o.Turno
"Março-2"	Total de Técnicos	76	73	84	31	62	41
	Dias	30	30	30	30	30	30
	Média de Técnicos	2.53	2.43	2.80	1.03	2.07	1.37
	Mínimo de Técnicos	2	1	1	0	1	1
	Máximo de Técnicos	3	4	4	2	3	2
Abril	Total de Técnicos	32	44	35	69	70	76
	Dias	26	26	26	26	26	26
	Média de Técnicos	1.23	1.69	1.35	2.65	2.69	2.92
	Mínimo de Técnicos	0	0	0	0	0	0
	Máximo de Técnicos	2	2	2	3	4	4
Maio	Total de Técnicos	43	55	44	86	85	85
	Dias	30	30	30	30	30	30
	Média de Técnicos	1.43	1.83	1.47	2.87	2.83	2.83
	Mínimo de Técnicos	0	1	0	2	1	1
	Máximo de Técnicos	2	3	2	3	4	4
Junho	Total de Técnicos	36	54	36	74	93	74
	Dias	24	24	24	24	24	24
	Média de Técnicos	1.50	2.25	1.50	3.08	3.88	3.08
	Mínimo de Técnicos	0	1	0	2	1	1
	Máximo de Técnicos	2	3	2	4	5	4
Julho	Total de Técnicos	31	61	37	89	113	74
	Dias	27	27	27	27	27	27
	Média de Técnicos	1.15	2.26	1.37	3.30	4.19	2.74
	Mínimo de Técnicos	0	1	0	2	3	1
	Máximo de Técnicos	2	3	2	4	5	4
Agosto	Total de Técnicos	37	44	24	60	72	67
	Dias	26	26	26	26	26	26
	Média de Técnicos	1.42	1.69	0.92	2.31	2.77	2.58
	Mínimo de Técnicos	1	1	0	1	1	1
	Máximo de Técnicos	2	3	1	3	3	3
Setembro	Total de Técnicos	46	68	46	73	103	76
	Dias	27	27	27	27	27	27
	Média de Técnicos	1.70	2.52	1.70	2.70	3.81	2.81
	Mínimo de Técnicos	0	1	0	2	2	1
	Máximo de Técnicos	2	3	2	3	5	4
Média	Total de Técnicos	43.00	57.00	43.71	68.86	85.43	70.43
	Dias	27.14	27.14	27.14	27.14	27.14	27.14
	Média de Técnicos	1.57	2.10	1.59	2.56	3.18	2.62
	Mínimo de Técnicos	0.43	0.86	0.14	1.29	1.29	0.86
	Máximo de Técnicos	2.14	3.00	2.14	3.14	4.14	3.57

Quadro 2

MTBF, MTTR e % Up

	Pin Count	Mount			Bond				
		3Q	4Q	Média	1Q	2Q	3Q	4Q	Média
MTBF	8	53.0	41.0	47.0	21.3	13.1	13.0	7.3	13.7
	14	53.0	41.0	47.0	19.9	8.7	9.8	8.6	11.8
	15	53.0	41.0	47.0	20.3	8.1	9.9	10.2	12.1
	20	50.2	142.7	96.5	23.5	9.7	7.9	6.3	11.9
	48				51.4	12.1	19.2	8.5	22.8
	56					30.2	20.2	29.0	26.5
MTTR	8	32.1	38.8	35.5	52.6	52.9	50.5	77.3	58.3
	14	32.1	38.8	35.5	48.7	66.8	56.0	68.3	60.0
	15	32.1	38.8	35.5	60.0	59.4	46.3	49.6	53.8
	20	19.3	33.4	26.4	88.9	66.8	73.0	88.3	79.3
	48				39.5		56.0	84.3	59.9
	56				0.2	59.9	74.5	90.8	56.4
%Up	8	74%	64%	69%	66%	70%	65%	50%	63%
	14	74%	64%	69%	76%	64%	65%	59%	66%
	15	74%	64%	69%	72%	60%	64%	58%	64%
	20	78%	74%	76%	65%	61%	52%	49%	57%
	48				63%	54%	57%	46%	55%
	56				59%	38%	43%	43%	46%

1Q: Primeiro Trimestre de 1995

2Q: Segundo Trimestre de 1995

3Q: Terceiro Trimestre de 1995

4Q: Quarto Trimestre de 1995

% Up: Tempo em que as máquinas estão a produzir

Quadro 3
No. Máquinas

	Mount	Bond
8	4	9
14	6	16
15	4	11
M2	14	36
20	2	8
48	2.5	6.5
56	2.5	6.5
SSOP	5	13
M1	7	21

Rep/Maq.: Tempo durante o qual as máquinas estão a ser reparadas (min)

Paragens = %Up * 8 horas / MTBF - 1

Rep/Maq. = Paragens * MTTR

Quadro 4

Tempo de paragem por turno (min)

	Mount		Bond		Total	Técnicos Ocupados por turno
	Rep/mág.	Total	Rep/mág	Total		
8	4.17	16.68	21.38	192.39	209.07	0.44
14	4.17	25.02	26.96	431.35	456.37	0.95
15	4.17	16.68	22.56	248.16	264.84	0.55
M2	12.51	58.37	70.90	871.90	930.28	1.94
20	1.66	3.33	30.51	244.08	247.41	0.52
48			11.59	75.35		
56			7.81	50.73		
M1				370.16		

Técnicos ocupados por turno: Tempo total / 480 min

Quadro 5

Número de Técnicos Disponíveis por SBU

SBU	1o.Turno			
	Tecn. D.	horas	Tecn.T/X	Breaks/T
8 Pinos	1.06	7.43	1.00	34
14 Fast	1.58	11.03	2.00	149
14/16	1.18	8.24	2.00	233
SSOP	1.05	7.36	1.00	38
2o.Turno				
8 Pinos	1.67	11.72	2.00	128
14 Fast	2.19	15.33	2.00	20
14/16	1.79	12.53	2.00	104
SSOP	1.58	11.07	2.00	148
3o.Turno				
8 Pinos	1.12	7.82	1.00	11
14 Fast	1.63	11.43	2.00	137
14/16	1.23	8.63	2.00	221
SSOP	1.07	7.50	1.00	30

Tecn. D.: Número médio de Técnico (Quadro 1)

menos média de Técnicos ocupados (Quadro 4)

horas: Tempo efectivo de presença na linha Tecn. D. * 7 horas

Tecn. T/X: Número de técnicos a modelar em Testsim/X

Breaks/T: Folgas a modelar de modo a aproximar Tecn. T/X a Tecn. D.

Anexo 3

Equipamento

Formulários de recolha de intervenções em SSOP

Símbolo

Teste

Cálculo dos Valores de MTBA e MTTA em *Finish*

Formulários de Recolha de Dados Genéricos

Teste

Pack

Determinação de Valores

Teste

Pack

Valores de Reteste

Determinação de MTTR e MTBF

Cálculo de Capacidade do Equipamento

Símbolo

Registo das intervenções feitas pelas operadoras

Para cada intervenção faça uma cruz na grelha correspondente ao tempo que demorou a resolver o problema.
Registe por favor todas as intervenções que fizer durante o seu turno.

	Menos de 1 minuto	Entre 1 e 5 minutos	Mais de 5 minutos
2o. Turno 9/7/96			
	Menos de 1 minuto	Entre 1 e 5 minutos	Mais de 5 minutos
3o. Turno 9/7/96			
	Menos de 1 minuto	Entre 1 e 5 minutos	Mais de 5 minutos
1o. Turno 10/7/96			

Em caso de dúvida contactar:
Carla Igreja (ext.2257) ou um dos facilitadores

Cálculo dos valores de MTTA e MTBA em *Finish*

Símbolo	2o Turno											MTBA	MTTA
	M01	M03	M04	M11	Total	Assist	Tempo	A<1	1<A<5	A>5	A		
Símbolo	15				15	3	462	6	0	0	6	66.00	0.50
T/F/Singulate 48	15	180			195	9	276	3	3	0	6	39.43	1.50
T/F/Singulate 56			240		240	10.5	229.5	1	1	1	3	57.38	3.50

Símbolo	3o Turno											MTBA	MTTA
	M01	M03	M04	M11	Total	Assist	Tempo	A<1	1<A<5	A>5	A		
Símbolo			50	30									
T/F/Singulate 48			25		105	2.5	372.5	5	0	0	5	62.08	0.50
T/F/Singulate 56			65	20	20	19.5	440.5	4	4	1	9	44.05	2.17
			225		310	2	168	4	0	0	4	33.60	0.50

Símbolo	1o Turno											MTBA	MTTA
	M01	M03	M04	M11	Total	Assist	Tempo	A<1	1<A<5	A>5	A		
Símbolo	60		40	15	115	12.5	352.5	5	1	1	7	44.06	1.79
T/F/Singulate 48	60			15	75	2.5	402.5	5	0	0	5	67.08	0.50
T/F/Singulate 56	60		45	15									
			50		170	2	308	4	0	0	4	61.60	0.50

Símbolo	MTBA	MTTA
Símbolo	57.38	0.93
T/F/Singulate 48	50.19	1.39
T/F/Singulate 56	50.86	1.50

Teste SSOP
Recolha de dados dos lotes
2o. Turno

No. Lote: _____

Pack: Tubos Reel

Tinha leftover? Sim Não

Foi preciso passar a Golden? Sim Não

Número de QA Rejects: _____

Número de rejeitadas no Reteste de QC: _____

No. Lote: _____

Pack: Tubos Reel

Tinha leftover? Sim Não

Foi preciso passar a Golden? Sim Não

Número de QA Rejects: _____

Número de rejeitadas no Reteste de QC: _____

No. Lote: _____

Pack: Tubos Reel

Tinha leftover? Sim Não

Foi preciso passar a Golden? Sim Não

Número de QA Rejects: _____

Número de rejeitadas no Reteste de QC: _____

No. Lote: _____

Pack: Tubos Reel

Tinha leftover? Sim Não

Foi preciso passar a Golden? Sim Não

Número de QA Rejects: _____

Número de rejeitadas no Reteste de QC: _____

No. Lote: _____

Pack: Tubos Reel

Tinha leftover? Sim Não

Foi preciso passar a Golden? Sim Não

Número de QA Rejects: _____

Número de rejeitadas no Reteste de QC: _____

No. Lote: _____

Pack: Tubos Reel

Tinha leftover? Sim Não

Foi preciso passar a Golden? Sim Não

Número de QA Rejects: _____

Número de rejeitadas no Reteste de QC: _____

Tape SSOP 421
 Informações acerca dos lotes
 2o. Turno

Registe sempre os Bent Leads que arranja, mesmo que já tenham sido rejeitados várias vezes.
 Registe cada tubo rejeitado com unidades ao contrário, mesmo que incompleto.

Lote No. _____

Tinha Leftover? O leftover estava em placas?
 Sim Não Sim Não

Bent Leads

___ + ___ + ___ + ___ + ___ + ___
 ___ + ___ + ___ + ___ + ___ + ___
 ___ + ___ + ___ + ___ + ___ + ___
 ___ + ___ + ___ + ___ + ___ + ___
 ___ + ___ + ___ + ___ + ___ + ___

Tubos com unidades ao contrário

Lote No. _____

Tinha Leftover? O leftover estava em placas?
 Sim Não Sim Não

Bent Leads

___ + ___ + ___ + ___ + ___ + ___
 ___ + ___ + ___ + ___ + ___ + ___
 ___ + ___ + ___ + ___ + ___ + ___
 ___ + ___ + ___ + ___ + ___ + ___
 ___ + ___ + ___ + ___ + ___ + ___

Tubos com unidades ao contrário

Lote No. _____

Tinha Leftover? O leftover estava em placas?
 Sim Não Sim Não

Bent Leads

___ + ___ + ___ + ___ + ___ + ___
 ___ + ___ + ___ + ___ + ___ + ___
 ___ + ___ + ___ + ___ + ___ + ___
 ___ + ___ + ___ + ___ + ___ + ___
 ___ + ___ + ___ + ___ + ___ + ___

Tubos com unidades ao contrário

Lote No. _____

Tinha Leftover? O leftover estava em placas?
 Sim Não Sim Não

Bent Leads

___ + ___ + ___ + ___ + ___ + ___
 ___ + ___ + ___ + ___ + ___ + ___
 ___ + ___ + ___ + ___ + ___ + ___
 ___ + ___ + ___ + ___ + ___ + ___
 ___ + ___ + ___ + ___ + ___ + ___

Tubos com unidades ao contrário

Determinação dos Dados de Teste

Handler	Tubos	Reel	Leftover	Golden	QA Rejects	Reteste Rej	Tested
411	0	1	0		0	0	1479
411	0	1	0		0	0	1814
423	0	1	0		0	0	678
424	0	1	0		0	0	847
424	0	1	0		0	0	1922
412	0	1	0	0	0	0	1354
412	0	1	0	0	0	0	1260
412	0	1	0	1	0	0	1322
422	1	0	1	1	0	0	1838
422	1	0	1	1	0	0	1008
425	0	1	0	0	0	0	1356
425	1	0	0	1	0	0	1405
425	0	1	0	1	0	0	350
432	0	1	0	1	0	0	1568
432	0	1	0	0	0	0	2885
433	0	1	0	1	0	0	1458
433	0	1	0	0	0	0	2017
433	0	1	0	0	0	0	1957
434	0	1	0	1	0	0	1168
434	0	1	0	0	0	0	2028
434	0	1	0	0	0	0	1871
435	0	1	0	1	0	0	1997
435	0	1	0	0	0	0	1638

Percentagem de Tubos 13%
 Percentagem de leftovers 9%
 Percentagem de Golden 50%
 Percentagem de QA Rejects 0%

Cálculo de Valores em Pack

Tape	No. de lotes	Quantidade	Leftover em placas	Leftover em tubos	Bent Leads	Unidades ao contrário	%Bent Leads
421	1	2240	1	0	7	0	0.31%
421	1	1909	0	1	38	0	1.99%
421	3	4455	1	0	35	0	0.79%
421	1	1714	1	0	6	0	0.35%
431	3	3728	1	0	4	0	0.11%
431	1	1468	0	0	0	0	0.00%
431	1	1624	0	0	4	0	0.25%
431	1	1304	1	0	6	0	0.46%
431	2	3824	0	0	10	0	0.26%
441	4	4760	0	0	23	0	0.48%
441	1	1129	0	0	14	0	1.24%
441	1	1402	0	0	12	0	0.86%
441	1	1269	0	0	7	0	0.55%
441	1	663	0	0	3	0	0.45%
441	1	1334	1	0	24	0	1.80%

23

% Leftovers	47%
% Leftovers em placas	86%
Número médio de Bent Leads por lote combinado	12.9
% Bent leads	0.66%
% Combines	27%
% Tubos de unidades ao contrário	0%

%Leftovers em tubos	4%
%Leftovers em placas	26%
%Lotes s/leftovers	70%
	<hr/>
	100%

No Médio de Bent Leads por lote 8.391304348

Valores de Reteste

Descrição	Percentagem
Percentagem de lotes com Reteste (aprox)	48.00%
Percentagem de unidades retestadas no total	3.26%
Percentagem de unidades retestadas entre os que tiveram reteste	9.38%
No médio de unidades retestadas	43.64

Determinação de MTTR e MTBF médios

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Média (hr)
<i>Mold</i>							
DWT(%)	1.80	2.80	1.60	1.10	1.60	2.10	1.83
MTBF (hr)	105.20	71.80	86.60	296.80	185.90	96.20	140.42
MTTR (hr) 48 Pin	110.00	67.50	77.50	127.50	111.25	118.89	1.70
56 Pin	114.38	135.00	83.75	195.00	112.50	92.50	2.04
<i>Symbol</i>							
DWT(%)	2.40	3.30	3.80	5.70	2.20	5.00	4.00
MTBF (hr)	81.30	37.70	29.10	24.70	38.30	24.50	30.86
MTTR (hr)		72.50	58.70	69.32	48.89	80.78	1.10
<i>T/F/S</i>							
DWT(%)	5.00	1.90	4.40	3.60	2.70	0.50	3.52
MTBF (hr)	28.40	46.10	37.30	32.80	68.70	1184.00	42.66
MTTR (hr) 48 Pin		46.00	84.11	73.24	137.69	30.00	1.42
56 Pin		61.67	135.91	68.84	51.36	330.00	1.32
<i>Impact</i>							
DWT(%)	1.60	0.70	1.00	0.70	0.60	1.00	0.80
MTBF (hr)	563.80	298.00	167.30	200.30	250.40	131.50	209.50
MTTR (hr)	0.67	1.46	1.35	1.12	1.30	1.19	1.18
<i>Kuwano</i>							
DWT(%)	1.10	0.50	0.80	1.00	1.30	0.50	0.94
MTBF (hr)	155.00	295.60	321.40	117.40	128.80	186.10	181.74
MTTR (hr)	1.24		1.00	0.97	1.35	0.63	1.04
<i>Tape&Reel *</i>							
DWT(%)	0.60	0.60	1.20		0.60	0.70	0.90
MTBF (hr)	110.40	91.80	193.70	158.00	83.00	93.00	142.75
MTTR (hr)	0.64	1.47	1.25				1.09

* O MTTR tem Wait Time incluído. Considero que o tempo de reparação é de 80%.

Cálculo de Capacidade do Equipamento

PPH Mold

	Tempo 7/5/96	(min)	Tempo 7/9/97	(min)	Média
	2.04	2.07	1.55	1.92	
	2.04	2.07	1.56	1.93	
	2.04	2.07	1.56	1.93	
	2.04	2.07	1.59	1.98	
	2.02	2.03	1.57	1.95	
	2.05	2.08	1.57	1.95	
	2.04	2.07	1.57	1.95	
Média		2.06	1.57	1.95	
			1.55	1.95	
	PPH 48 Pin	6976		7387	7181
	PPH 56 Pin	5581		5910	5745

Fecho PH 1.15
 PH 0.39
 Prensa 1.30

Cálculo de Capacidade do Equipamento

Finish

PPH Symbol 48 Pin

	Mudança magazine	Tempo de Simbolização		Fitas	seg/Fita
		(min.sec)	(min)		
	13.15	1.07	1.11	7	9.52
	13.45	1.09	1.14	7	9.79
	13.35	1.07	1.12	7	9.60
		1.07	1.12	7	9.61
		1.07	1.12	7	9.58
		0.58	0.96	6	9.59
		1.07	1.12	7	9.59
		1.07	1.12	7	9.62
		1.08	1.13	7	9.65
		1.08	1.13	7	9.67
Média	13.32				9.62
				PPH	10498

PPH Symbol 56Pin

	Mudança magazine	Tempo de Simbolização		Fitas	seg/Fita
		(min.sec)	(min)		
	13.52	1.05	1.08	7	9.26
	13.24	1.06	1.10	7	9.39
	13.22	1.05	1.08	7	9.25
	13.31	0.56	0.93	6	9.27
		1.05	1.08	7	9.28
		1.05	1.08	7	9.26
		1.05	1.08	7	9.29
		1.05	1.09	7	9.32
Média	13.32				9.29
				PPH	8679

Cálculo de Capacidade do Equipamento

PPH Trim/Form/Singulate 48 Pin

	Tempo		Stroke	seg/Stroke
	(min)			
	1.20	1.33	40	1.99
	1.18	1.29	40	1.94
	0.60	0.99	30	1.98
	0.40	0.66	20	1.98
	1.16	1.26	40	1.90
	1.18	1.30	40	1.95
	1.16	1.26	40	1.89
	1.18	1.30	40	1.95
Média				1.95
			PPH	5542

PPH Trim/Form/Singulate 56 Pin

	Tempo		Stroke	seg/Stroke
	(min)			
	0.59	0.98	32	1.83
	1.11	1.19	40	1.79
	0.58	0.97	32	1.81
	1.13	1.22	40	1.83
	0.42	0.70	24	1.75
	0.57	0.96	32	1.80
Média				1.80
			PPH	5994

Pressões na T/F/Sing.: 90/90/120/150

Cálculo de Capacidade do Equipamento

PPH Tape&Reel

	Tempo				Tempo				Tempo			
	421-48Pin	(min)	Unidades	Min/Unit	431-48/56	(min)	Unidades	Min/Unit	441-56	(min)	Unidades	Min/Unit
	0.27	0.45	30.00	0.0150	0.40	0.67	40.00	0.0167	0.43	0.72	40.00	0.0179
	0.28	0.47	30.00	0.0156	0.49	0.82	50.00	0.0163	0.43	0.72	40.00	0.0179
	0.36	0.60	40.00	0.0150	0.39	0.65	40.00	0.0163	0.21	0.35	20.00	0.0175
	0.36	0.60	40.00	0.0150	0.41	0.68	40.00	0.0171	0.42	0.70	40.00	0.0175
	0.36	0.60	40.00	0.0150	0.41	0.68	40.00	0.0171	0.41	0.68	40.00	0.0171
	0.36	0.60	40.00	0.0150	0.42	0.70	40.00	0.0175	0.31	0.52	30.00	0.0172
Média				0.0151				0.0168				0.0175
PPH				3975				3567				3424

Pode-se alterar a velocidade das máquinas mas corre-se o risco de estragar material.

Velocidades a que foram recolhidos os tempos (13/7/96):

421	431	441
?	2.75	10.9

Os tempos foram recolhidos sem rejeições, o tempo de rejeição é superior ao de aceitação de uma unidade.

Não ocorre diminuição do fluxo quando faz a troca automática de placas no Inloader.

Processo & Produtos

Handling Material: Utensílios de transporte e manuseamento

Agrupamento de Tarefas e Tempos Médios

Volume Ideal de Material em Curso de Fabrico

Cálculo do Número de *Kanbans* a Modelar em Testsim/X

Estudo do Consumo de Bobines de Ouro

Handling Material: Utensílios de transporte e manuseamento

Item	Área	Função	Capacidade			Capacidade		
			48 Pinos	56 Pinos	(Unidades)	48 Pinos	56 Pinos	(Unidades)
Wafer	Mount	Manuseamento	X	X	(Unidades)			
Esqueletos	Mount	Transporte	1	1	(wafers)			
Lancheira	Mount	Transporte	X	X	(wafers)			
Fita	Mount-Sing	Manuseamento	30	24	(wafers)			
Magazine	Mount-Sing	Transporte	20	20	(Fitas)	600	480	(Unidades)
Lunch-box	Mount-Sing	Transporte	4	4	(Magazines)	2400	1920	(Unidades)
Transportador	Mold	Operação						
Placa	Sing-P&R	Manuseamento	75	60	(Unidades)			
Lancheira	Sing-P&R	Transporte	X	X	(Placas)			
Tubos	Teste	Packing	25	20	(Unidades)			
Bobines	Pack&Reel	Packing	500	500	(Unidades)			
Caixas	Pack&Reel	Packing	500	500	(Unidades)			

1 Lote por Lunch-box

Agrupamento das Tarefas e Tempos Médios

MOUNT

DELAY

Colocar magazine vazio	0.43 Delay
Ajuste da máquina	1.55 Delay
Retirar magazine cheio	0.7 Delay
Contar o lote e completar magazines	0.47 Delay
	<u>3.15</u>

LOAD

Ir buscar o lote	0.97 Load
Mudança de Slices	0.98 Load
Registos no L/T	0.06 Load
	<u>2.01</u>

SETUP TYPE

Setup (Programação)	3.43 Setup Type
	<u>3.43</u>

UNLOAD

Inspecção e aceitação da máquina	0 Unload
Registo de aceitação	0.98 Unload
Mudança de Slices	3 Unload
Segunda inspeção da máquina	0.9 Unload
Registo da segunda inspeção	0 Unload
Colocar magazine na Lunch box	0 Unload
Registos (Lot Traveller e Folha de Produção)	0.6 Unload
Vender o lote ao SMS	N.E. Unload
Colocar o lote numa máquina de Bond	0.18 Unload
Scrap dos cadáveres	0.92 Unload
	<u>6.58</u>

Filas de Espera criadas:

Início do lote, Load
Fim do lote, unload

Número médio de wafers por lote 3.27

Agrupamento das Tarefas e Tempos Médios

BOND

DELAY

Contar o lote	0.28 Delay
Colocar material na máquina	0.11 Delay
Colocar magazine vazio	0.43 Delay
Efectuar ajuste/alinhamento	0.85 Delay
Retirar magazine cheio da máquina	0.25 Delay
Contar o lote e completar magazines	0 Delay
Retirar magazine da máquina coloca-lo na Lunch box	0.72 Delay
	<u>2.64</u>

SETUP TYPE

Programação2	9.67 Setup Type
	<u>9.67</u>

UNLOAD

Inspecção e aceitação da máquina	2.29 Unload
Registos iniciais	0.22 Unload
Segunda inspecção da máquina	0 Unload
Registo da segunda inspecção	2.19 Unload
Registos (Lot Traveller e Folha de Produção)	0.45 Unload
Transporte do lote para a prateleira e cobri-lo	0 Unload
Vender o lote ao SMS	2.02 Unload
	<u>7.17</u>

ONLINE

Imprimir a Shopping List	3.30
Verificar a Shopping List	10.73
(de 2 em 2 horas)	<u>14.03</u>

Filas de Espera criadas:

Início do lote
Unload
PM

Agrupamento das Tarefas e Tempos Médios

MOLD

DELAY	149.67
Ir buscar o lote, tirar plástico, 1os registos e colocar magazines no AutoLoader	2.49 Delay
Limpar prensa e Pré-heater	inc.
Fazer o Autoload do 1o transportador	inc.
Colocar 1o transportador na prensa	inc.
Retirar aranha e gates às últimas unidades, fechar a lunch-box e últimos registos	1.02 Delay
Levar o lote para os fornos e fazer o registo do forno	1.21 Delay
Vender o lote em SMS	inc.
	<hr/>
	<u>4.72</u>
PM diário	
Melamine	90.00 PM
	<hr/>
	<u>90.00</u>

Load e Unload têm um significado diferente em Mold porque a operadora tem que estar presente durante o processo.

Não há desvio ao considerar que as tarefas que não ocupam as máquinas as ocupam pois na realidade enquanto a operadora as realiza nenhuma outra inicia um lote nessa máquina.

Filas de Espera criadas:

Início do lote

Agrupamento das Tarefas e Tempos Médios

SYMBOL

LOAD

Ir buscar os lotes ao forno (não individualmente)	0.00	Load
Contar o lote e verificar Lot Traveller	0.53	Load
Registos no Lot Traveller e Folha de Produção	0.48	Load
	<u>1.02</u>	

SETUP

Procurar máscaras (3)	0.46	SetUp
Guardar máscaras (3)	0.25	SetUp
	<u>0.71</u>	

SETUP SPEC

Se o Pin Count for diferente, alterar o programa e a máquina	0.50	Setup
	<u>0.50</u>	

DELAY

Se o Pin Count for igual, "carregar botões"	0.33	C + H
Mudar máscaras	0.92	C + H
Fazer fita de experiência e verificar	0.60	C + H
Pedir a outra operadora para confirmar e registar no Lot Traveller	0.50	C + H
Colocar os magazines na máquina	0.37	C + H
	<u>2.72</u>	

UNLOAD

Quando lote acabar, levá-lo para uma máquina T/F/S	0.16	Unloa
	<u>0.16</u>	

STEP, com tamanho médio do lote

Inspeccionar uma fita de 10 em 10	48Pin	56Pin
	1.93	1.65
Retirar magazines da máquina, inspeccionar todas as fitas e colocá-los na Lunch-Box	3.96	2.97
	<u>5.89</u>	<u>4.62</u>

Filas de Espera criadas:

Início do lote, Load
Final de processamento, Unload

Agrupamento das Tarefas e Tempos Médios

TRIM/FORM/SINGULATE	min	
LOAD		
Contar o lote e verificar Lot Traveller (magazines e símbolo)	0.6 Load	
	<u>0.6</u>	
DELAY		
Limpeza com ar	0.3 Delay	
Tirar lancheira vazia, colocar novo lote e "carregar nos botões"	0.7 Delay	
	<u>1.0</u>	
UNLOAD		
Ver todas as placas	48Pi	56Pin
Registos na folha de produção e no Lot Traveller	2.2	2.1
	1.0	
	<u>3.2</u>	<u>3.0</u>
STEP		
Contar o lote e registar no Lot Traveller	0.7 Step	
Vender o lote e levá-lo para teste	1.2 Step	
	<u>1.9</u>	
V/M		
Inspeção à primeira placa e depois de 5 em 5 (V/M)	48Pi	56Pin
	<u>2.9</u>	<u>2.9</u>

Agrupamento das Tarefas e Tempos Médios

Burnin

min

STEP_1: para cada lote, não ocupa equipamento

Verificar Boards	0.42	Step_1
Colocar unidades (1 Board)	29.07	Step_1
Numerar unidades de 1 a 100	2.88	Step_1
Numerar unidades de 101 a 200	4.13	Step_1
Registos no Lot Traveller (cada lote)	0.23	Step_1
Preencher folha de produção e Lot Traveller	0.23	Step_1
Retirar as unidades e colocá-las em placas	31.28	Step_1
	<hr/>	
	68.24	

Step_2: para cada lote, ocupa equipamento

Colocar Boards	1.60	Step_2
Medir sinais	4.83	Step_2
Medir sinais (a 40 graus) por Lote	4.83	Step_2
Ir buscar os Boards (por lote)	1.87	Step_2
	<hr/>	
	13.13	

DELAY

Fechar o forno e ligar temperatura	0.00	Delay
Desligar o forno	0.20	Delay
	<hr/>	
	0.20	

UNLOAD

Registos na folha de produção	0.73	Unload
Levar as placas para Teste	0.22	Unload
	<hr/>	
	0.95	

Filas de espera criadas:

Step_1

Step_2

Agrupamento das Tarefas e Tempos Médios

TESTE	min	
LOAD		
Extrair Lot Traveller e verificar	2.87	Load
Ir buscar leftover	0.77	Load
Contar o lote	0.43	Load
	48Pin	56Pin
Colocar placas vazias no Offloader	0.00	0
Fazer Code_1	0.48	Load
Registos no Lot Traveller e folha de produção (1os registos)	0.68	Load
Verificar a 1a placa e registar no Lot Traveller	0.60	Load
	5.83	5.825
DELAY		
Limpar a Handler	0.06	Delay
Colocar placas cheias no Inloader	0.39	Delay
Fazer Check-list	0.17	Delay
Verificar se a golden está no sistema	0.07	Delay
Chamar o lote	0.36	Delay
Fechar o lote	0.00	Delay
	1.04	
UNLOAD		
Retirar placas do Offloader	0.08	Unload
	0.08	
Último Step, realizado por todos os lotes		
Se lote qualificado:		
Extrair Label de qualificação	1.50	Unload
Contar o lote, preencher Lot Traveller e folha de produção (últimos registos)	1.34	Unload
Vender o lote em SMS e levá-lo para Pack ou AGV	1.58	Unload
	4.43	
PACKTUBOS		
Se fôr para tubos		
Retirar tubos das placas	0.15	Unload
Colocar pinos nos tubos	0.08	Unload
Inspeção visual aos tubos (loads incorrectos)	0.21	Unload
Abrir caixa, contar os tubos e colocá-los na caixa	1.03	Unload
	1.46	
STEP_GOLDEN		
Ir buscar a Golden e "Passá-la"	0.00	Step_Golden
	0.00	
STEP_QA_REJECTS		
Se lote não qualificado:		
Retestar QA rejects (fechar o lote, mudar programa e abrir lote, reiniciar)	2.24	Step_QA_Rejects
Extrair Lot Report e verificar a desqualificação	1.63	Step_QA_Rejects
	3.88	
Transferir rejeitadas, inspeccionar um tubo de Bent Leads, retestar rejeitadas	1.97	Unload/Step
% Golden não no sistema	0.47	
% Lotes qualificados à pimeira passagem	0.90	
% Lotes com QA Rejects confirmados	0.20	
% Lotes para tubos	0.13	
% Leftover	0.09	
LOAD+UNLOAD	5.91	
	3.94	
Filas de espera criadas:		
Load		
Unload		
Step_Golden		
Step_QA_Rejects		

Agrupamento das Tarefas e Tempos Médios

Bake	min
LOAD	
Juntar Lot Travellers para combine	0.00 Load
Verificar se há leftovers para Bake	2.03 Load
Se houver, ir buscá-los	0.00 Load
Fazer combines do mesmo device, owner, Fab Code e os 2 primeiros dígitos do Data Code	2.80 Load
Registos na folha de produção e Lot Travellers	0.42 Load
	<hr/>
	5.25
DELAY	
Fechar o forno e ligá-lo	0.00 Delay
Abrir o forno	0.23 Delay
	<hr/>
	0.23
UNLOAD	
Registar nos Lot Traveller e folha de Produção	0.17 Unload
	<hr/>
	0.17
STEP_C	
Contar os lotes e verificar Lot Travellers	0.73 LoadStep
Registar nos lot travellers	0.00 LoadStep
Colocar os lotes no forno	0.15 Step
Tirar os lotes e colocá-los em ambiente controlado	0.19 Step
	<hr/>
	1.07
Número de combines por fornada:	2.00
Número de lotes por combine:	3.00
Para o modelo vou juntar Load, Unload e Delay em Load:	5.66
Filas de espera criadas:	
Load	
Step	

Agrupamento das Tarefas e Tempos Médios

Task	Time	Unit
Preparação dos lotes, Implementado como STEP_O		
Verificar L/T e "pegar no lote"	0.75	Load
Verificar se existem leftovers	0.81	Load
Imprimir etiquetas	1.02	Load
Imprimir etiquetas (só Imputar no sistema)	0.53	
Verificar se as etiquetas estão de acordo com o Lot Traveller	0.29	Load
Preencher folha de produção e Lot Traveller	0.87	Load
Transferir para ter placas certas	0.55	Load
	4.29	
DELAY, Implementado como STEP_OE		
Fazer "máscara"	0.36	Delay
Colocar placas no Inloader	0.06	Delay
	0.41	
DELAY		
Mudança de bobine, a cada 500 unidades, implementado como LOAD		
Depois de ter uma bobine cheia:		
Fim da bobine, cortar fita, passar para a bobine azul, e reiniciar	1.40	Delay
Colocar bobine na caixa, colar etiqueta e colocar nova bobine na máquina	0.70	Unload
	2.10	
UNLOAD		
Vender o lote em SMS	1.1667	Unload
	1.17	
COMBINE: Ignorado		
Lote com Combine		
Fazer Combine	1.18	Combine
	1.18	
LEFTOVERS: STEP_O		
Se existirem Leftovers		
Fazer Combine com leftovers	1.17	Leftover
	1.17	
LEFTOVER EM TUBOS: STEP_O		
Se os Leftovers estiverem em tubos:		
Ir buscar Leftovers e tirá-los da caixa	1.22	Leftover em 1
Transferir os leftovers de tubos para placas	0.22	Leftover em 1
	1.44	
A ignorar:		
Retirar tubo de unidades ao contrário e colocar na placa, repôr tubo	0.58	Step
	1.01	
STEP_OE: a juntar ao 1o passo OE		
No fim do lote:		
Verificar o material que foi rejeitado	0.00	Step
Colocar placas com unidades corrigidas no Inloader	0.40	Step
Reiniciar máquina (botões)	0.20	Step
	0.60	
STEP_O: Load		
Corrigir Bent Leads	2.91	Step
Fazer split para leftover, vender o lote e colocá-lo no AGV	2.29	Step
Fazer últimos registos no Lot Traveller e na folha de produção	0.00	Step
	5.21	
GRÁFICO		
De 3 em 3 bobines:		
Fazer teste de aderência no GPD de 3 em 3 bobines e colocar o gráfico com o Lot Traveller	1.52	Gráfico
Registos no gráfico	0.62	Gráfico
	2.13	
Material:		
Ir buscar bobines azuis	1.57	PM
Ir buscar covers e bobine de alvéolos	0.00	PM
Colocar novo cover	1.03	PM
Passar a fita de alvéolos de bobine de papel para bobine plástica	1.60	PM
Fita de alvéolos a passar sozinha	5.38	PM
Mudar a bobine de alvéolos vazia por uma cheia	0.57	PM
Outras tarefas:		
Transferir os leftovers originados de placas para tubos	0.00	0
levar placas para teste	0.22	0
	0.01	
% Bent Leads	0.20	
% Combines de lotes	0.47	
% Leftovers	0.14	
% Leftovers na prateleira	0.14	
% Tubos de unidades ao contrário	0.01	

OUTPUT

	48 PIN	56 PIN ASL	56 PIN MSP	TOTAL
	===	===	===	===
ASSEMBLY	92	8	28	128
FINISH	92	8	27	127
TEST	88	7	26	121

**** RESUMO DOS WIP GOALS ****

	WIP GOAL	WIP GOAL	WIP GOAL	WIP GOAL
PS	48PIN	56ASL	56MSP	TOTAL
4100	17	1	9	26
4200	17	1	9	26
4300	29	3	17	49
4700	29	3	17	49
5530	0	0	0	0
6030	34	3	17	53
6035	0	0	0	0
7000	49	3	28	81

TAPE & REEL

48PIN	56PIN
90%	99%

LEADFRAME

-0004	70%
-0006	6%
-0008	2%
-1150	1%
-1371	21%
-2331	0%

Cálculo do Número de *Kanbans* a Modelar em Testsim/X

Log Point	Operação	WIP Goal				Kanbans	
		48 pin	56 pin	Total	kUnits	Lotes	Testsim
	4100 Die Prep	17	10	27	26	16.4	16
	4200 Mount	17	10	27	26	16.4	17
	4300 Bond	29	20	49	49	30.1	30
	4700 Mold	29	20	49	49	30.1	30
	5530	0	0	0	0	0.0	0
	6030 Trim&Form+Singulate	34	20	54	53	32.7	33
	6035	0	0	0	0	0.0	0
	7000 Test+Bake+Burnin	49	31	80	81	48.7	49

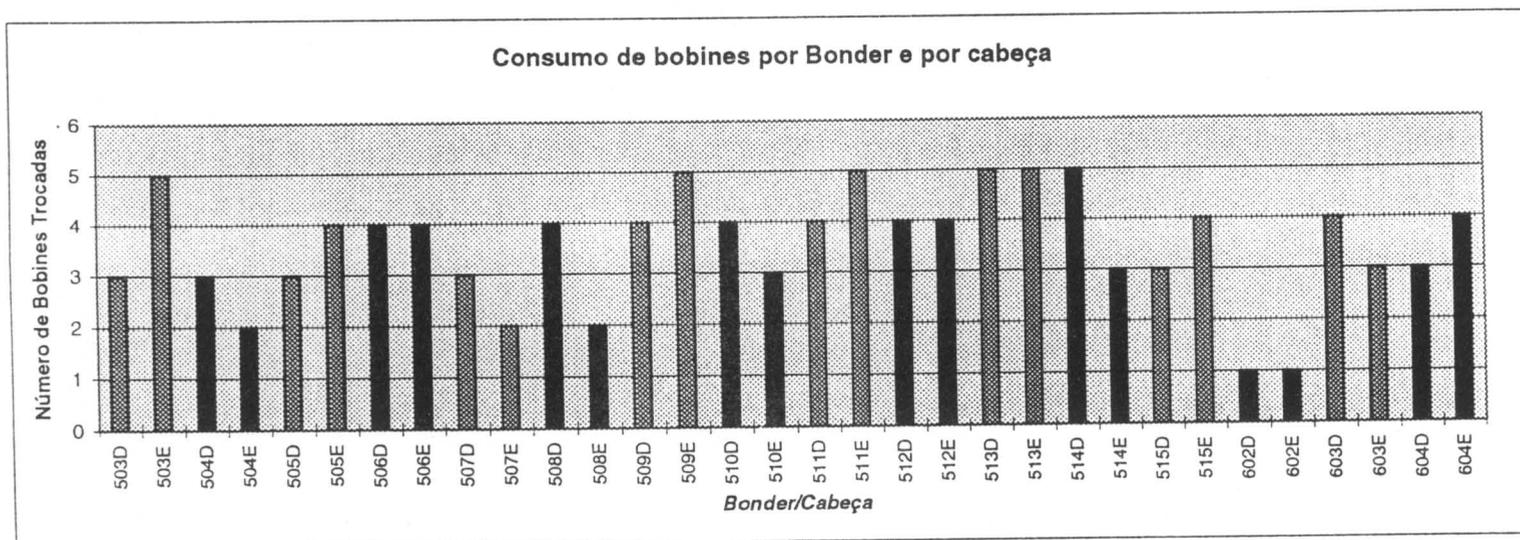
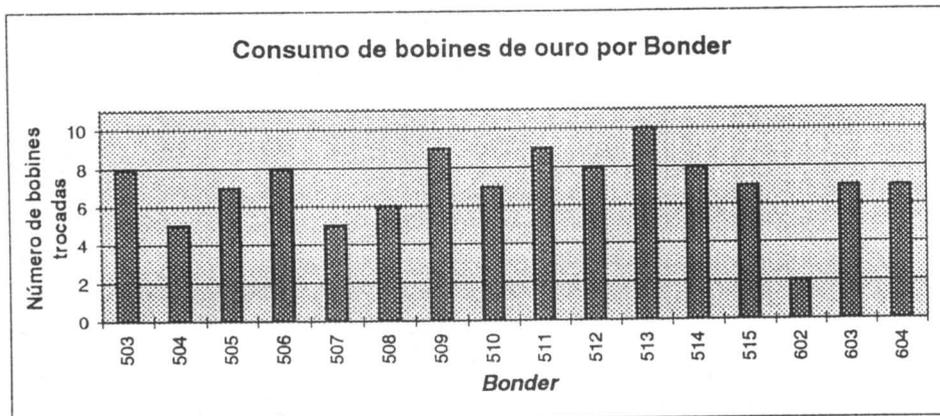
48 pin 56 pin

Tamanho médio de um lote 1870 1375

Lotes: Número médio de lotes, tendo em conta os valores de WIP para cada *Pin Count* e os tamanhos médios dos lotes

Estudo do Consumo de Bobines

de 1 de Setembro ao final do 1o turno de 16 de Setembro de 1996





FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

BIBLIOTECA



000068042