

**U. PORTO**

**FEP** FACULDADE DE ECONOMIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO

**PLANEAMENTO E CONTROLO DE OPERAÇÕES  
EM JOB-SHOP**

Maria do Rosário Mota de Oliveira Alves Moreira

Tese de Doutoramento em Ciências Empresariais

2005

**U. PORTO**

**FEP** FACULDADE DE ECONOMIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO

**PLANEAMENTO E CONTROLO DE OPERAÇÕES  
EM JOB-SHOP**

Maria do Rosário Mota Oliveira Alves Moreira

Orientador

Prof. Doutor Rui Alberto Ferreira dos Santos Alves

Dissertação submetida para a obtenção do grau de

Doutor em Ciências Empresariais

2005

## Nota Biográfica

Maria do Rosário Mota de Oliveira Alves Moreira nasceu a 11 de Janeiro de 1971 na cidade de Espinho. Em 1989 terminou o curso secundário no Colégio Nossa Senhora da Bonança, com média final de 17 valores. No mesmo ano ingressou no Curso de Licenciatura em Gestão da Faculdade de Economia da Universidade do Porto. Em 1994 realizou o estágio na empresa Transcer na área da gestão financeira. No mesmo ano concluiu o Curso de Gestão com a classificação final de 15 valores. Logo de seguida, foi admitida ao curso de Mestrado em Economia na Faculdade de Economia do Porto. Em 1997, obteve o grau de Mestre em Economia, com a classificação de Muito Bom, tendo estudado a aplicação do sistema de produção *just-in-time* na indústria portuguesa. Em 1994/1995 foi bolseira da Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica ao abrigo do programa PRAXIS XXI. Desde 1997 é assistente na Faculdade de Economia do Porto, tendo leccionado as disciplinas de Investigação Operacional e Gestão da Produção dos cursos de Economia e de Gestão. Desde 2002 até à actualidade, está equiparada a bolseira na Faculdade de Economia da Universidade do Porto. Os seus interesses científicos centram-se na área de planeamento e gestão das operações e logística. Tem participado em diversos congressos nacionais e internacionais, apresentando nesses encontros científicos várias comunicações, decorrentes do seu trabalho de investigação.

## Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido na Faculdade de Economia do Porto. Devo, pois, agradecer ao Conselho Directivo todas as facilidades concedidas para a realização desta dissertação.

Deixo aqui expresso o meu profundo agradecimento ao Prof. Doutor Rui Alves pela sua sempre pronta disponibilidade e valiosa orientação; com os seus conhecimentos, experiência, excelentes comentários e sugestões, desempenhou um papel fundamental na realização desta tese. Agradeço o seu empenho no fornecimento e indicação da bibliografia adequada, na leitura atenta e célere das diversas versões da tese, e na condução e aconselhamento durante o trabalho de pesquisa. As suas qualidade humanas permitiram que este período de estudo, por vezes árduo e repleto de dúvidas, se tornasse numa fase de crescimento e amadurecimento científico.

Devo agradecer também ao Marco Lizardo, do Departamento de Produção e Sistemas da Universidade do Minho, a ajuda com o *software* de simulação Arena. Com ele foi possível aprender a utilizar este *software* totalmente novo para mim e discutir algumas das opções nele tomadas. Ao Prof. Doutor António Brito da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto deixo expresso o meu agradecimento pela disponibilização e acesso à versão profissional do Arena 7.0.. Agradeço, de igual modo, aos colegas Graça Maciel, Dalila Fontes e José Fernando Gonçalves a proveitosa troca de impressões e ideias no curso da minha investigação.

Quero agradecer aos meus amigos e colegas de gabinete Rui, Paulo, Patrícia e Rui Viana que durante tantos dias partilharam comigo angústias, medos, fracassos, vitórias e sucessos. Com a sua companhia, esta fase da vida, algumas vezes penosa, tornou-se um pouco mais fácil de ultrapassar. Ao Paulo, um agradecimento especial pelas discussões filosóficas e literárias que, pouco tendo a ver com a minha área de investigação, permitiram intercalar a investigação e o estudo científico com o enriquecimento intelectual multidisciplinar.

Finalmente, um profundo agradecimento ao meu marido Agostinho pelo seu encorajamento, compreensão e ajuda durante estes anos de trabalho. Aos meus filhos,

Catarina, João e Margarida, uma palavra de gratidão. Apesar de não terem consciência da melhor forma de me ajudar possibilitaram, com o seu carinho, brincadeiras, vivacidade e, até, preocupações, que estes anos de intensa actividade científica fossem repletos de surpresas e acontecimentos diferentes.

À Catarina, João e Margarida e ao Agostinho

## Resumo

O termo *job shop* é utilizado para designar o tipo de processo operacional caracterizado pela produção de uma elevada diversidade de artigos, normalmente em pequenas quantidades e de acordo com especificações que podem variar de cliente para cliente. É também normal que os *routings* que os produtos seguem possam ser muito variados assim como os tempos de processamento.

Muitos estudos têm focado sobre o desenvolvimento de metodologias que permitam às empresas promover a eficiência da sua actividade operacional. Porém, a maior parte destes estudos apresenta métodos de planeamento e de controlo de operações que se destinam a empresas de grande dimensão (normalmente, *flow shops*). No entanto, na maioria dos países, as pequenas empresas (tipicamente, *job shops*) além de formarem uma grande percentagem do tecido empresarial, contribuem de modo significativo para o volume de produção nacional.

O principal objectivo do trabalho consiste em apresentar uma nova regra de aceitação/rejeição de encomendas, como forma de controlar a quantidade de trabalho total aceite pela empresa e em desenvolver um método de lançamento de ordens que permita à empresa terminar os trabalhos o mais próximo possível da data de entrega (portanto, *just-in-time*). Para tal discutimos os conceitos considerados fundamentais para o horizonte temporal curto: o controlo do *input* e do *output* (a par do *workload control*) e os mecanismos de lançamento das ordens.

São, ainda, analisadas as interacções existentes entre os quatro grupos de variáveis (aceitação/rejeição, definição da *due-date*, lançamento e *dispatching*) e o seu impacto nas várias medidas de desempenho da *shop* (atraso médio, tempo médio de fluxo, utilização da capacidade, etc.). Por fim, é feita a comparação, por recurso à simulação, do desempenho da técnica de aceitação/rejeição proposta e do novo método de lançamento, com as principais regras existentes na literatura. Da análise podemos concluir que estas possibilitam uma apreciável melhoria na *performance* da maioria das medidas operacionais da empresa.

## **Abstract**

A job shop is a transformation system characterized by the production of many different products, usually in small batches, according to specifications that are customer specific. Usually the products follow different routings in the shop and have varying processing times.

Many studies have focused on the development of methodologies with the objective of improving the operational efficiency of the shop. Most of these studies provide planning and control methods for large firms (usually flow shops). However, in most countries, small firms (typically job shops) represent an important portion of the economic activity and contribute significantly to the national level of overall production.

The main goal of this research is to introduce a new rule to decide whether to accept or reject an order as a way of controlling the workload of the job shop, and to develop a release method that allows the firm to finish the orders as close as possible to the due-dates (just-in-time). For this endeavor, we discuss the relevant concepts for a short-term horizon: the control of the input and output (together with the workload control) and the order release mechanisms.

The interactions among the four groups of decisions (accept or reject orders, due-date setting, order release, and dispatching) and its effects on the measures of performance of the shop (mean tardiness, mean flow time, capacity utilization, etc.) are analyzed. Finally, the performance of the proposed accept/reject rule and the new order release mechanism is compared, using simulation, with the main rules presented in the literature. From this analysis, it can be concluded that the proposed rules lead to a reasonable improvement of most operational indicators.

## Resumé

Le terme *job shop* est utilisé pour indiquer le type de procès où est produit un grand nombre d'articles différents, normalement en petites quantités et selon certaines spécifications du client. Pour l'entreprise, cette situation est importante, lorsqu'au niveau de la planification et contrôle des opérations de production, une fois que les *routings* que les produits suivent peuvent être très variés de même que les temps du processus.

Beaucoup d'études ont été effectuées avec l'objectif de développer des méthodologies qui permettent aux entreprises de conduire leurs activités de façon plus compétente. Mais, la plupart présente des méthodes de planification et de contrôle pour les grandes entreprises (normalement, les *flow shops*). Cependant, dans la plupart des pays, les petites entreprises (typiquement les *job shops*) en plus de constituer un fort pourcentage pour l'ensemble des entreprises, ont une contribution significatif pour la production nationale.

Le principal objectif de cette recherche consiste à présenter une nouvelle règle d'acceptation/refus des commandes, de façon à contrôler la quantité du travail total accepté par l'entreprise et à développer une méthode de lancement des ordres qui permet de terminer les travaux le plus près de la date de livraison (subséquentment, *just-in-time*). Donc, nous examinons les concepts considérés fondamentaux pour le bref horizon temporal: le contrôle de l'*input* et de l'*output* (parallèle au *workload control*) et les mécanismes de lancement des ordres.

Sont, aussi, analysées les interactions existantes entre les quatre groupes de variables (acceptation/refus, définition de la *due date*, lancement et *dispatching*) et leur impact dans les différentes mesures de *performance* de la *shop* (retard moyen, temps moyen du flux, utilisation de la capacité, etc.). Finalement, la comparaison, ayant recours à la simulation, de l'exécution de la technique d'acceptation/refus proposée et de la nouvelle méthode de lancement, avec les principales règles existantes dans la littérature, permet de conclure que celles-ci rendent possible une amélioration d'une grande partie des mesures opérationnelles de l'entreprise.

# Índice

<b>Capítulo 1. Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1. Enquadramento geral .....	1
1.2. Objectivos da investigação .....	4
1.3. Estrutura da tese .....	6
<b>Capítulo 2. Aplicação dos princípios do <i>just-in-time</i> a <i>job shops</i> .....</b>	<b>9</b>
2.1. Definição e condições de aplicabilidade do sistema de produção JIT .....	9
2.2. Revisão bibliográfica da implementação do sistema de produção	
<i>just-in-time</i> em empresas <i>job shop</i> .....	12
2.2.1. Metodologia na implementação .....	13
2.2.2. Implementação do JIT em empresas <i>job shop</i> .....	15
2.2.2.1. Estudos efectuados a empresas – alguns exemplos .....	16
2.2.2.2. Estudos efectuados a conjuntos de empresas .....	18
2.2.3. Investigação analítica. Modelos matemáticos e de simulação.....	19
<b>Capítulo 3. Planeamento de operações em <i>job shop</i> .....</b>	<b>23</b>
3.1. Caracterização do processo de produção <i>job shop</i> .....	24
3.2. Planeamento e controlo das operações .....	28
3.2.1. Abordagem geral das actividades de planeamento e controlo da	
produção .....	29
3.2.2. Sistema integrado de planeamento das operações para as empresas	
<i>job shop</i> .....	33
3.3. O problema do controlo da carga e do lançamento de ordens.....	36
3.3.1. Controlo do <i>input</i> e do <i>output</i> . <i>Workload control</i> .....	36
3.3.2. Mecanismos de lançamento de ordens ( <i>order review/release - ORR</i> ) .....	40
3.3.2.1. O papel do ORR no sistema de planeamento e controlo da	
produção .....	40
3.3.2.2. A estrutura do mecanismo de ORR .....	41
3.3.3. Classificação dos mecanismos de ORR .....	49

3.3.4. Classificação da literatura existente .....	51
3.3.5. O controlo dos lançamentos – benefícios e críticas. Paradoxo em relação aos lançamentos .....	56
<b>Capítulo 4. O modelo .....</b>	<b>63</b>
4.1. Metodologia experimental .....	64
4.1.1. Técnicas utilizadas para a avaliação dos sistemas de produção .....	64
4.1.2. Fases requeridas nos estudos de simulação .....	66
4.2. Formulação do problema .....	67
4.2.1. Variáveis controláveis .....	71
4.2.1.1. Regras de aceitação/rejeição das ordens .....	71
4.2.1.2. Técnicas de determinação da <i>due date</i> .....	76
4.2.1.3. Métodos de lançamento da <i>pre shop pool</i> .....	78
4.2.1.4. Regras de <i>dispatching</i> .....	86
4.2.2. Variáveis incontroláveis .....	90
4.2.3. Medidas de desempenho .....	90
4.2.3.1. Medidas de desempenho relacionadas com a entrega .....	91
4.2.3.2. Medidas de desempenho relacionadas com a carga na <i>shop</i> .....	92
4.3. Formulação do modelo .....	94
4.3.1. Configuração do <i>job shop</i> .....	95
4.3.2. Características dos <i>jobs</i> .....	96
4.4. Computação do modelo .....	99
4.5. Verificação e validação .....	100
4.6. Condições ( <i>design</i> ) experimentais .....	101
4.7. Experimentação .....	101
4.8. Análise dos resultados e conclusões .....	101
<b>Capítulo 5. Condições experimentais .....</b>	<b>103</b>
5.1. Procedimentos adoptados na simulação .....	103
5.1.1. Equilíbrio do sistema. Fase de aquecimento do modelo .....	104
5.1.2. Sistemas contínuos e sistemas cessantes .....	105
5.1.3. Estimação da média da amostra .....	106

5.2. Parâmetros envolvidos no modelo .....	107
5.2.1. Parâmetros relativos às regras de aceitação/rejeição de ordens .....	109
5.2.2. Parâmetros referentes à técnica de definição da data de entrega .....	110
5.2.3. Parâmetros correspondentes aos mecanismos de lançamento de ordens..	111
5.3. Estudos preliminares sobre o comportamento do sistema .....	114
5.3.1. Quando se utilizam regras <i>benchmark</i> (AT, IMR e FCFS) .....	115
5.3.2. Quando se utilizam os mecanismos previamente estudados na literatura (TAF, BIL, MIL e EDD) .....	118
5.3.2.1. Aceitação total (AT) <i>versus</i> trabalho actual e futuro (TAF) .....	118
5.3.2.2. Lançamento imediato (IMR) <i>versus</i> carregamento infinito (BIL) e carregamento infinito modificado (MIL) .....	121
5.3.2.3. Sequenciamento por ordem de chegada (FCFS) <i>versus</i> por ordem da data de entrega negociada mais próxima (EDD) .....	126
5.3.3. Interações entre os vários mecanismos de decisão .....	128
<b>Capítulo 6. Análise de resultados .....</b>	<b>131</b>
6.1. Síntese dos resultados da simulação, por medida de desempenho.....	132
6.2. Avaliação do mecanismo de lançamento proposto – CIOP .....	140
6.3. Avaliação da regra de A/R proposta – NEDE .....	144
6.4. Interações entre as várias decisões .....	147
<b>Capítulo 7. Conclusões e Perspectivas de investigação futura .....</b>	<b>151</b>
7.1. Objectivos da investigação .....	151
7.1.1. Possibilidade de implementação do JIT em <i>job shop</i> .....	151
7.1.2. Desenvolvimento de um sistema de planeamento e controlo das operações para as empresas <i>job shop</i> .....	152
7.1.3. Desenvolvimento de uma regra de aceitação, rejeição ou negociação e de um mecanismo de lançamento dos trabalhos .....	153
7.1.4. Investigação das interacções entre as quatro grandes decisões e análise do desempenho das regras propostas .....	154
7.2. Resumo dos principais resultados .....	154
7.3. Contribuições originais da investigação .....	157

7.4. Tópicos de investigação futura .....	158
<b>Apêndices.....</b>	<b>161</b>
Apêndice A – Definição dos termos utilizados na literatura .....	161
Apêndice B – Esquemas dos modelos referentes às diferentes regras de decisão..	165
Apêndice C – Quadros com as principais medidas de desempenho obtidas dos resultados preliminares das 24 combinações de regras de decisão..	173
Apêndice D – Quadros com as restantes medidas de desempenho obtidas dos resultados finais da simulação .....	181
<b>Bibliografia .....</b>	<b>185</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>205</b>
Síntese dos principais resultados dos 24 modelos de simulação (combinação de regras de decisão) – valores médios e das 10 réplicas .....	205

## Índice de Quadros

Quadro 3.1. Decisões do sistema de planeamento e controlo da produção em empresas <i>make-to-order</i> .....	30
Quadro 3.2. Componentes do sistema de controlo do <i>shop floor</i> e respectivos elementos .....	45
Quadro 4.1. Informação requerida pelos vários mecanismos de lançamento .....	86
Quadro 4.2. Regras utilizadas - variáveis de decisão .....	89
Quadro 4.3. Medidas de desempenho utilizadas na investigação .....	94
Quadro 4.4. Modelos básicos da simulação .....	100
Quadro 5.1. Parâmetros a definir no modelo de simulação .....	108
Quadro 5.2. Valores a utilizar para o parâmetro $k_{\text{TWK}}$ .....	111
Quadro 5.3. Valores a utilizar para o parâmetro $k_{\text{BIL}}$ .....	112
Quadro 5.4. Valores a utilizar para os parâmetros $k_{\text{1MIL}}$ e $k_{\text{2MIL}}$ .....	113
Quadro 5.5. Valores a utilizar para o parâmetro $k_{\text{CIOP}}$ .....	113
Quadro 5.6. Parâmetros do modelo de simulação .....	114
Quadro 5.7. Efeito da variação do $k_{\text{TWK}}$ no modelo AT-IMR-FCFS .....	116
Quadro 5.8. Comparação do efeito da variação do $k_{\text{TWK}}$ nos modelos que utilizam a regra AT <i>versus</i> TAF .....	119
Quadro 5.9. Comparação do efeito da variação do $k_{\text{TWK}}$ nos modelos que utilizam os mecanismos IMR <i>versus</i> BIL e MIL .....	122
Quadro 5.10. Comparação do efeito da variação do $k_{\text{TWK}}$ nos modelos que empregam a regra de <i>dispatching</i> FCFS <i>versus</i> EDD .....	126
Quadro 6.1. Atraso médio (dias) .....	132
Quadro 6.2. Percentagem média de atrasos .....	134
Quadro 6.3. Percentagem média de ordens rejeitadas .....	134
Quadro 6.4. Desvio Absoluto Médio - MAD (dias) .....	135
Quadro 6.5. Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i> (dias) .....	137
Quadro 6.6. Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (dias) .....	138
Quadro 6.7. Tempo médio de permanência em produtos acabados (dias) .....	139
Quadro 6.8. Percentagem média de utilização do equipamento .....	140

## Índice de Figuras

Figura 3.1. Sistema integrado de planeamento .....	34
Figura 3.2. Síndrome do <i>lead time</i> .....	36
Figura 3.3. Interdependência entre a taxa de produção, o tempo médio de produção e a quantidade de trabalho em curso .....	38
Figura 3.4. Sistema de controlo do <i>shop floor</i> .....	44
Figura 4.1. Processo de tomada de decisão .....	69
Figura 4.2. Regra de decisão NEDE.....	75
Figura 4.3. Regra de decisão CIOP .....	85
Figura 5.1. Determinação do estado de equilíbrio no modelo de simulação .....	105
Figura 5.2. Evolução das medidas de desempenho no modelo AT-IMR-FCFS .....	117
Figura 5.3. Comparação das medidas de desempenho nos modelos que utilizam a regra AT <i>versus</i> TAF .....	121
Figura 5.4. Comparação das medidas de desempenho nos modelos que utilizam os mecanismos IMR <i>versus</i> BIL e MIL .....	123
Figura 5.5. Comparação das medidas de desempenho nos modelos que empregam a regra FCFS <i>versus</i> EDD .....	127
Figura 6.1. Medidas de desempenho relacionadas com a entrega (avaliação do CIOP) .....	141
Figura 6.2. Medidas de desempenho relacionadas com a carga na <i>shop</i> (avaliação do CIOP) .....	142
Figura 6.3. Medidas de desempenho relacionadas com a entrega (avaliação do NEDE) .....	145
Figura 6.4. Medidas de desempenho relacionadas com a carga na <i>shop</i> (avaliação do NEDE) .....	146
Figura 6.5. Comparação das medidas de desempenho quando se utilizam a regra FCFS <i>versus</i> EDD .....	148
Figura 6.6 Atraso médio e tempo médio de permanência no sistema .....	150

# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1. Enquadramento geral

O termo *job shop* é utilizado para designar o tipo de processo onde é produzido um elevado número de artigos diferentes, normalmente em pequenas quantidades e frequentemente de acordo com determinadas especificações do cliente. É também normal que os *routings* que os produtos seguem possam ser muito variados, assim como os tempos de processamento nas diversas fases de produção. Mesmo conhecendo-se com exactidão o percurso que os *jobs* (ordens de produção) seguem e os tempos de processamento em cada secção/máquina, é praticamente impossível prever qual o estado de ocupação de cada secção e do *shop floor* em geral, sendo esta uma das maiores dificuldades do problema de planeamento e controlo das operações em *job shops*.

Muitos estudos têm sido efectuados no sentido de desenvolver metodologias que permitam às empresas conduzir a sua actividade de forma mais eficiente. A maior parte dessas investigações apresenta métodos de planeamento e controlo para as empresas de grande dimensão, geralmente com um processo de produção repetitiva (*flow shop*). No entanto, na maioria dos países, as pequenas empresas (tipicamente com um processo

produtivo do tipo *job shop*), além de constituírem uma percentagem elevada do tecido empresarial, têm um contributo significativo para a produção nacional. Podemos, ainda, constatar que a produção repetitiva tradicional está, cada vez mais, a dar lugar a um tipo de produção que incorpora as principais características dos *job shops*. São vários os estudos que concluem que a produção em lotes pequenos e a produção por encomenda se estão a tornar mais importantes que a produção em massa, repetitiva, de um único produto. Este facto verifica-se porque as empresas pretendem satisfazer os clientes que desejam, cada vez mais, possuir produtos “especiais”, diferentes dos de outros consumidores. Como consequência, a procura de produtos feitos por encomenda registou um grande incremento. Rabelo e Jones (2001) realçam a importância crescente destas empresas, quer em termos do número de postos de trabalho que geram, quer em termos de contribuição para o PIB (os dados referentes aos Estados Unidos revelam que este tipo de empresas é responsável por 2 milhões de postos de trabalhos e cerca de 3 mil milhões de dólares de facturação, e apenas num dos tipos de empresas deste tipo). Estas são algumas das razões que nos indicam que é fundamental estudar metodologias capazes de melhorar o desempenho global deste tipo de empresas.

Tradicionalmente, os estudos que investigam as formas de aumentar a *performance* dos *job shops* tinham como objectivo primeiro o desenvolvimento de metodologias que permitissem à empresa cumprir os prazos de entrega assumidos com os clientes, evitando a conclusão tardia dos *jobs*, ignorando aspectos importantes tais como o nível dos *stocks*, a proporção de produtos defeituosos, a quantidade de trabalho em curso, ou a dimensão das filas no interior do *shop floor*. A importância relativa dos diferentes objectivos tem-se, também, vindo a alterar com o decurso do tempo. Objectivos como a elevada utilização da capacidade instalada ou o cumprimento dos prazos têm vindo, gradualmente, a revestir menor importância, em contraponto com a necessidade de baixos níveis de *stock* ou custos e tempos de produção curtos. O aparecimento de sistemas destinados às empresas de produção repetitiva que privilegiam, precisamente, aqueles últimos objectivos, os quais se revelaram decisivos na melhoria do desempenho global das empresas que os implementaram, fez com que as investigações direccionadas para os *job shops* começassem a incluir algumas daquelas preocupações. Um dos primeiros sistemas a surgir que alertava, concretamente, para a importância dos adiantos

na conclusão da produção (e conseqüente acumulação de *stocks* nas várias fases de produção) foi o *just-in-time* (JIT).

A presente dissertação explora os conceitos associados, e as decisões a tomar nas fases de planeamento e controlo das operações em empresas com um processo produtivo do tipo *job shop*, assim como o desempenho obtido após a implementação de diferentes regras/mecanismos de gestão operacional. As medidas utilizadas para efectuar a avaliação do desempenho são de vária ordem, de forma a acomodar os diferentes objectivos que podem dirigir a condução da empresa. Neste contexto, dá-se ênfase às decisões a tomar no quadro de um horizonte temporal curto, uma vez que é no curto prazo que se encontram as maiores dificuldades de gestão das operações dos *job shops*. E é para este período de planeamento que são propostos um mecanismo de lançamento e de controlo da carga de trabalho e uma regra de aceitação/rejeição de ordens de encomenda.

Singh e Brar (1992) e Gunasekaran *et al.* (1993) efectuaram uma revisão dos estudos existentes acerca da análise e modelização de sistemas de produção, sublinhando que uma das áreas interessantes de investigação consistiria no estudo das condições de possibilidade da implementação do sistema JIT em empresas com um processo produtivo *job shop*. É exactamente por aí que começamos a nossa investigação: efectuamos uma revisão da literatura dos estudos (empíricos e analíticos) existentes acerca da aplicação do JIT em *job shops* ou em empresas de produção por encomenda, de forma a explorar a possibilidade de implementação dos princípios que subjazem àquele sistema de produção, neste tipo de empresas.

A primeira questão a que pretendemos responder é a seguinte: será possível “aproveitar as lições” e todo o conhecimento já realizado neste sistema de produção para melhorar o desempenho do tipo de empresas em estudo? O sistema JIT mostra não só uma preocupação com a redução nos *stocks* (em qualquer ponto do processo produtivo) mas aponta, também, alguns elementos fundamentais na melhoria do desempenho: o controlo total da qualidade, a melhoria contínua e a eliminação de todo o tipo de desperdício. Como filosofia de gestão, o sistema JIT será sempre um bom exemplo a seguir. Como instrumento utilizado para controlar a quantidade de trabalho acumulada, a dimensão da fila de trabalhos à espera de serem processados ou o tempo que um

produto final aguarda para ser entregue, o JIT revelou ser algo redutor e, tal como foi desenvolvido, insusceptível de incorporar a totalidade das características dos *job shops*. Para este sistema produtivo existe um conceito que se aproxima da ideia básica do JIT que é o controlo *input/output* (tendo, recentemente, evoluído para o conceito de *workload control*). Este será o eixo director da nossa investigação no sentido de implementar metodologias capazes de melhorar o desempenho dos *jobs shops*.

O *Workload Control* (WLC), um dos raros conceitos de controlo desenvolvido especificamente para os *jobs shops*, constitui um instrumento que permite a gestão e o controlo da quantidade de trabalho no *shop floor* e, por via disso, dos *stocks* de produtos (que se encontram em curso, a aguardar processamento ou à espera de serem entregues).

Para se proceder ao controlo da carga de trabalho, são necessárias estratégias que controlem o *input* (quantidade de trabalho que entra no *job shop*) e o *output* (quantidade de ordens que saem da *shop*). Há já algum tempo, Wight (1970) havia alertado para a necessidade de consideração do controlo *input/output* no sistema de planeamento e na produção, instituindo um princípio muito simples, porém fundamental, que prescreve que *work should not be added to the shop at a rate that exceeds the rate at which the work can be completed*. Esta regra foi consagrada na literatura como o princípio do *Workload Control*, e que se encontra na base dos mecanismos de controlo propostos e analisados nesta investigação.

## **1.2. Objectivos da investigação**

A gestão das operações em *job shops* tem atraído intensos esforços de investigação, já que se trata de uma área relativamente pouco explorada até recentemente e também porque este tipo de processo produtivo tem vindo a assumir cada vez mais importância no quadro concorrencial das empresas. No entanto, uma revisão dos estudos existentes neste domínio do saber mostra que, na prossecução do desiderato de simplificar a complexidade do problema de planeamento e controlo dos *job shops*, a maior parte das investigações foca a sua atenção numa só actividade do sistema de controlo, mantendo as outras fixas ou ignorando-as. Mesmo quando as consideram conjuntamente, tendem a ignorar os efeitos que a tomada de decisão numa dessas fases possa ter nas outras e, por

consequência, no desempenho global do *job shop*. Tendo isto em atenção, esta dissertação possui os seguintes objectivos:

- i) Efectuar uma revisão dos estudos existentes acerca da aplicação do JIT em *job shops* de forma a explorar a possibilidade de implementação dos princípios subjacentes àquele sistema de produção em empresas com as características dos *job shops*.
- ii) Aprofundar o conhecimento acerca das características do planeamento das operações em geral e discutir os conceitos considerados fundamentais para o horizonte temporal curto: o controlo do *input* e do *output* (a par do *workload control*) e os mecanismos de lançamento das ordens (que constituem um dos instrumentos mais importantes no controlo do *input*). Propor, ainda, um sistema integrado de planeamento e controlo para o caso particular dos *job shops*.
- iii) Apresentar uma nova regra de decisão de aceitação ou não de determinada ordem de encomenda, como forma de controlar a quantidade de trabalho total aceite pela empresa (controlo do *input*).
- iv) Desenvolver um método de lançamento de ordens que permita à empresa terminar os trabalhos o mais próximo possível da data de entrega (portanto, *just-in-time*) e aproveitar da melhor forma a capacidade instalada.
- v) Investigar as interações existentes entre quatro grupos de variáveis (técnicas de aceitação/rejeição, regras de definição da *due-date*, mecanismos de lançamento e regras de sequenciamento) e avaliar o seu efeito nas várias medidas de desempenho da *shop* (atraso médio, tempo médio de fluxo de produção, utilização da capacidade, etc.).
- vi) Comparar (recorrendo à simulação) o desempenho da técnica de aceitação/rejeição proposta e do novo método de lançamento, com as principais regras existentes na literatura.

### 1. 3. Estrutura da tese

A tese encontra-se dividida em 7 capítulos: o presente capítulo apresenta uma visão geral do problema em estudo, os objectivos da investigação e a organização global da dissertação. No capítulo 2 são explicitados os principais conceitos e condições de aplicabilidade do sistema de produção *just-in-time* e é feita uma revisão dos estudos em que se procura implementar o JIT em *job shops*.

No capítulo 3 é caracterizado o processo de produção *job shop* e é feito um levantamento das funções e características básicas de um sistema de planeamento e controlo da produção sendo, ainda, proposto um sistema integrado para as empresas com um processo *job shop*. Devido à sua crescente importância fazemos uma referência ao planeamento hierárquico da produção. Uma vez que as principais diferenças entre *flow shop* e *job shop* se encontram no curto prazo e nas decisões aqui tomadas, discutimos os conceitos considerados fundamentais neste horizonte temporal: o *workload control* e os mecanismos de lançamento de trabalhos. É estudada a função do mecanismo de lançamento de ordens no sistema de programação e controlo, a sua estrutura, e é proposta uma classificação dos mecanismos desenvolvidos na literatura.

O capítulo 4 descreve a metodologia e as condições do modelo experimental empregues neste estudo. Começa-se por discutir os diferentes métodos de análise utilizados na avaliação dos sistemas de produção, apresentando-se, em detalhe, a técnica seleccionada para esta investigação (a simulação). São ainda discutidas as variáveis do modelo, as medidas de desempenho utilizadas, a configuração do *job shop*, as características dos *jobs* e outros factores experimentais. Finalmente são apresentadas uma nova regra de aceitação/rejeição de ordens de encomenda, bem como um novo mecanismo de lançamento de ordens no *shop floor*.

No capítulo 5 apresentam-se os procedimentos adoptados na simulação, todos os parâmetros utilizados no modelo, os resultados das primeiras experiências e análises prévias.

O capítulo 6 contém um resumo dos dados obtidos na simulação completa, a sua análise e os resultados experimentais. É, ainda, estudada a relação existente entre as variáveis,

são comparadas as diferentes políticas adoptadas e é avaliado o comportamento do sistema.

Finalmente, as conclusões da tese são sumariadas no capítulo 7. É, ainda, efectuada uma ligação dos resultados aos objectivos propostos, são resumidas as contribuições para a investigação e apresentadas sugestões para investigação futura.

## Capítulo 2

### Aplicação dos princípios do *just-in-time* a *job shops*

Neste capítulo são apresentadas as principais noções e características associadas ao sistema de produção *just-in-time*. É ainda efectuado um levantamento dos principais estudos existentes acerca da utilização do sistema JIT em empresas *job shop*, das metodologias existentes para acompanhar essa implementação, e dos modelos analíticos de adaptação do sistema à realidade das empresas de produção por encomenda. O objectivo desta revisão é o de explorar até que ponto o sistema *just-in-time* poderá ser implementado, com algumas adaptações, às empresas *make-to-order*.

#### 2. 1. Definição e condições de aplicabilidade do sistema de produção JIT

O sistema *just-in-time* (ou produção *lean*) consiste em produzir os artigos somente quando e onde eles são necessários e com o mínimo de desperdício de recursos. A tradução literal da expressão *just-in-time* - “mesmo a tempo”, “na altura certa” - denota somente o objectivo de redução de *stocks*. No entanto, não é este o único objectivo do sistema de produção *just-in-time*. De facto, JIT é mais do que uma técnica de minimização de desperdícios e de *stocks*. É uma filosofia de gestão de contínua melhoria que conduz a mudanças positivas em todo o sistema, uma das quais é a

redução dos *stocks* [Hay (1988)]. A esta podemos acrescentar o envolvimento das pessoas (espírito de equipa e disciplina por parte dos trabalhadores, envolvimento dos fornecedores, etc.), o controlo total da qualidade, a maior flexibilidade dos trabalhadores, a redução de custos, etc.

Uma das definições mais conhecidas de *just-in-time* é a apresentada por Schonberger (1982a): “forma de produzir e expedir bens finais mesmo a tempo de serem vendidos, peças mesmo a tempo de serem montadas para o produto final, partes fabricadas mesmo a tempo de constituírem peças, e comprar material mesmo a tempo de ser transformado em partes fabricadas”.

Há autores [Groenevelt (1993) e Wilson (1995)] que remontam as origens do *just-in-time* ao tempo de Ford, uma vez que foi este o primeiro a estudar a minimização dos tempos e movimentos. Svensson (2001) vem corroborar esta ideia ao afirmar que o JIT é apenas uma sistematização da teoria e prática passadas. No entanto, o sistema tal como é hoje surgiu no Japão da década de 1950, mais propriamente na empresa Toyota, numa altura em que a rentabilização dos recursos (humanos, materiais e financeiros) era de importância fundamental, devido à devastação provocada pela guerra. Somente no final da década de 1970, após um período de crise mundial, é que esta técnica de produção começou a ser seguida por outras empresas nipónicas e posteriormente, por empresas de outros países (principalmente americanas) [Pegels (1984) e Groenevelt (1993)].

Ameaçadas e inspiradas pelo sucesso das empresas produtoras japonesas no mercado internacional, muitas empresas ocidentais começaram a pensar aplicar as práticas de gestão japonesas. Tornou-se, por isso, um imperativo investigar quais as condições necessárias para se atingir da forma mais eficaz o sucesso do novo sistema. Tendo em mente este objectivo, vários autores dedicaram-se a pesquisar quais os elementos essenciais do sistema JIT [Spencer e Guide (1995), Ramarapu *et al.* (1995), Groenevelt (1993), Freire (1995)]. Da análise das diversas classificações, destacamos os seguintes elementos:

- nivelamento ou uniformização da taxa de produção;
- controlo total da qualidade;

- melhorias contínuas de trabalho;
- eliminação de qualquer tipo de desperdício (tempo, materiais, máquinas e humano).

Tendo o sistema JIT sido desenvolvido por uma empresa de produção repetitiva, os elementos básicos necessários para a sua implementação têm em conta as características principais destas empresas. De facto, a uniformização da taxa de produção é mais facilmente conseguida em empresas que se dediquem à produção de um ou poucos produtos, e cuja sequência de processamento é única (como é o caso da Toyota, na produção de automóveis). Sendo a programação das operações praticamente inflexível, torna-se mais fácil conseguir um fluxo de produção nivelado.

Aquando da implementação do sistema JIT, as empresas devem ter em consideração as condições necessárias para que esta seja feita com sucesso. Mehra e Inman (1992) apresentam, no seu estudo, os elementos críticos a ter em atenção na implementação do JIT, tendo Lee e Ebrahimpour (1984) classificado esses requisitos em controláveis (apoio e responsabilidade da gestão, *layout* e fluxo de trabalho, gestão dos fornecedores, etc.) e incontroláveis (formação, planeamento de longo prazo, apoio governamental, organizações laborais, ...).

De acordo com Schonberger (1982b), Miltenburg e Wijngaard (1991) e Fullerton e McWatters (2001), o sistema JIT, se implementado de forma gradual e cuidadosamente monitorizado, resulta em inúmeras vantagens que se podem resumir a uma só: eliminação de todo o tipo de desperdícios. No entanto é preciso ter algum cuidado para não olhar o sistema como um modelo rígido pois tal pode resultar em vários problemas. As desvantagens normalmente indicadas por diversos autores são a confrontação entre a empresa e os seus fornecedores e a possível insatisfação dos trabalhadores.

Desde os anos 80 tem vindo a ser publicado um grande número de artigos acerca da filosofia *just-in-time* e dos factores que se encontram na sua base. Inicialmente, a principal preocupação era a identificação dos componentes básicos do sistema, de tal forma que as empresas com um processo produtivo idêntico pudessem usufruir das vantagens associadas à sua implementação (por exemplo, Hay (1988), Ramarapu *et al.* (1995), Karlsson e Åhlström (1996)). Posteriormente procurou-se analisar o impacto

que a aplicação do JIT tinha nas empresas que o adoptavam e quais as principais dificuldades que enfrentavam aquando da sua implementação (Klein (1989), Zipkin (1991) e Inman e Mehra (1990), entre outros). Variadíssimos artigos surgiram investigando a possibilidade de implementação do *just-in-time* em diversas indústrias de produção repetitiva de vários países (E.U.A. – Pegels (1984), Lee e Ansari (1985) p. ex.; Reino Unido – Voss e Robinson (1987), Thomas e Oliver (1991); Suécia – Ellegard *et al.* (1992); e ainda sobre empresas/sectores produtivos da Austrália, Coreia do Sul, Itália, Hong-Kong, etc.). No caso de Portugal, a implementação do JIT em empresas pertencentes a indústrias com os elementos necessários para a obtenção de sucesso, foi estudado por Moreira (1997) e Moreira e Alves (1998). Recentemente têm surgido estudos que revelam uma nova preocupação: a de alargar o sistema JIT a empresas de pequena dimensão e com um tipo de processo produtivo que, à partida, as colocaria de fora do inovador sistema.

## **2. 2. Revisão bibliográfica da implementação do sistema de produção *just-in-time* em empresas *job shop***

O sistema de produção *just-in-time* é visto por vários autores como sendo um sistema possível de ser implementado em qualquer tipo de empresas [Tucker e Davis(1993)]. Existem diversos estudos que abordam a questão da implementação do sistema de produção *just-in-time*, inicialmente desenvolvido para empresas com um processo produtivo repetitivo, em empresas de produção por encomenda.

Para esta revisão bibliográfica iremos classificar a literatura existente em três grandes grupos: i) estudos que procuram indicar metodologias para que a implementação daquele sistema seja levada a efeito com sucesso (nas empresas *job shop*), ii) trabalhos que analisam a implementação do sistema, em diversas empresas em actividade e com um processo produtivo *job shop*, iii) investigações onde se constróem algoritmos ou modelos de simulação que fornecem programas de produção (e de controlo) que vão de encontro aos objectivos mais gerais do JIT para as empresas de produção por encomenda.

### 2. 2. 1. Metodologia na implementação

Para que as empresas com um processo produtivo do tipo *job shop* possam aproveitar alguns dos princípios subjacentes ao sistema *just-in-time*, precisam de adaptar aquela filosofia à realidade da sua empresa. Esta passagem deve seguir uma certa metodologia no sentido de se conseguir uma implementação com sucesso.

Vários autores estudaram como deveria ser processada a implementação, e quais as fases necessárias para que a aplicação tivesse bons resultados. Passaremos a apresentar alguns desses estudos.

Williams (1985) realça uma série de passos para que as pequenas empresas se possam ajustar ao JIT: aceitar o facto de que o JIT requer uma nova forma de olhar para o processo produtivo; preocupar-se primeiro com a educação das pessoas-chave da organização; desenvolver relações de parceria com os clientes; desenvolver um plano formal de acção global para a empresa implementar o JIT; concentrar-se no treino de toda a organização (começando pelos supervisores); reflectir sobre as alterações a operar no processo produtivo; identificar os recursos produtivos chave (incluindo as máquinas e o pessoal); definir as necessidades de informação e sistemas; comunicar aos clientes os planos que a empresa está a elaborar; identificar os fornecedores chave e tentar implementar o sistema JIT do lado dos fornecedores.

Investigações posteriores analisam como os *job shops* podem utilizar alguns dos métodos de produção repetitiva. Dicasali (1986) defende a ideia de que as empresas de produção por encomenda devem começar por aplicar o estilo de produção contínua àquelas operações que têm carácter repetitivo no interior da *shop*. Aborda ainda a questão de produzir ou comprar (principalmente componentes) como uma decisão com um impacto considerável ao nível do controlo e sistema de produção. Manoochehri (1988) indica três requisitos necessários para que o sistema JIT consiga ser implementado numa pequena empresa: estabilidade da procura, capacidade para produzir em pequenos lotes num fluxo de produção balanceado e possibilidade de receber as matérias primas na quantidade e na data requerida. Efectuando uma abordagem detalhada dos elementos do sistema de produção JIT, Gargeya e Thompson (1994) analisam até que ponto cada um desses elementos pode ser aplicável a pequenas

empresas. Os autores chegam à conclusão que as empresas *job shop* podem, de facto, beneficiar com aquele sistema, somente quando implementado faseadamente e de forma adaptada à empresa. Este sistema “JIT modificado” coloca a ênfase na melhoria contínua e nos elementos do sistema original que são passíveis de serem implementados num *job shop* em concreto.

Ashton e Cook (1989) apresentam algumas medidas importantes para efectuar a transição de um *job shop* tradicional para um *job shop* “*just-in-time*”, indicando os factores que as empresas devem seguir para conseguirem aquela transição: ver a qualidade como um objectivo-chave; cumprir os prazos de entrega; adequar a empresa com a capacidade produtiva necessária (mesmo que inicialmente implique um aumento dos custos); melhorar a capacidade de produção e de resposta da *shop* e tornar visível o desempenho dos trabalhadores.

Descrevendo as principais características das empresas *job shop* (com elevada variedade de produtos e baixo volume) e comparando-as com as características das empresas com sistema de produção JIT, Jina *et al.* (1997) propõem uma forma de adaptar os princípios de produção *lean* a empresas *job shop*. Essa abordagem é composta por três componentes que estão inter-relacionadas e que se conjugam através de processos flexíveis e medidas consistentes:

- configuração do produto,
- organização do processo produtivo,
- desenvolvimento da cadeia de fornecimento.

No seu estudo, Huq (1999) conclui que enquanto que a maior parte dos factores estratégicos do *just-in-time* (redução do desperdício, controlo da qualidade total, melhoria contínua, ...) e muitos dos factores de planeamento (plano de produção estável, trabalhadores multifuncionais, métodos que evitam falhas, ...) podem ser implementados num *job shop*, vários factores de controlo da *shop* (os factores do sistema *kanban*) são difíceis de implementar. A sua pesquisa permite chegar à conclusão que nem todos os procedimentos de controlo da *shop* têm o mesmo desempenho. Apesar de se assumir um “bom ambiente envolvente”, algumas combinações de variáveis de controlo da *shop* têm um melhor desempenho que outras

combinações. As empresas devem tentar encontrar os procedimentos que lhes permitam alcançar, da melhor forma, os seus objectivos. O autor conclui, desaconselhando as empresas a implementar o sistema JIT nos *job shops*, sugerindo que devem procurar os procedimentos de controlo da *shop* que conduzam a um melhor desempenho. Huq e Huq (1994) procuraram determinar quais as condições necessárias para implementar as características principais de controlo do sistema JIT num *job shop*, apurando quais as melhorias que são necessárias naquele tipo de empresas para alcançar os benefícios do JIT.

Outros estudos foram efectuados no sentido de apresentar linhas de orientação e metodologias para que uma empresa com um sistema de produção *job shop* consiga obter os benefícios associados ao JIT. É o caso de Sonfield (1984), Finch (1986), Fawcett e Pearson (1990) e Lee (1996), que indicam estratégias ou metodologias para a implementação. Também Stockton e Lindley (1995) apresentam uma forma de implementar o sistema de controlo *kanban*, recorrendo à utilização da tecnologia de grupo (*group technology*).

### **2. 2. 2. Implementação do JIT em empresas *job shop***

A par da investigação existente acerca da metodologia a seguir para implementar com sucesso os princípios subjacentes ao JIT, surgiram estudos que analisam a implementação em concreto do sistema em empresas com aquele processo produtivo. Houve, e continua a existir, a tentativa de melhorar o desempenho das pequenas empresas, tornando-as mais eficientes, nomeadamente através da adopção de métodos e procedimentos que resultaram em grandes empresas. Alguns desses estudos são aqui apresentados, assim como a metodologia seguida na implementação e os resultados conseguidos pelas empresas.

No que diz respeito à implementação do sistema de produção, foram realizados alguns estudos baseados em inquéritos, onde se procura saber até que ponto o JIT está a ser aplicado junto das pequenas empresas, e quais os resultados obtidos por aquelas.

### 2. 2. 2. 1. Estudos efectuados a empresas - alguns exemplos

Gravel e Price (1988) levantam o problema de transferir a tecnologia de gestão japonesa para o tecido empresarial ocidental e mostram como um dos seus principais elementos – o método de controlo da produção *kanban* – pode ser adoptado por empresas *job shop*. Apresentam o caso de uma pequena empresa que fabrica roupa para desporto, tendo uma procura altamente sazonal. A sua produção é feita por encomenda, podendo muitas operações ser realizadas em mais do que um tipo de máquina, dispondo a empresa de várias máquinas de cada tipo. É claro que as tarefas não possuem um fluxo entre as várias estações de trabalho, como acontece numa linha de montagem. A empresa estava a utilizar, na prática, a regra *first in, first out* como forma de afectar tarefas às máquinas: o lote de produtos em curso que estivesse pronto para iniciar uma outra fase era afectado à primeira máquina disponível do tipo requerido para executar a operação. Com a utilização do sistema de controlo *kanban*, a empresa conseguiu melhorias significativas no que respeita à qualidade, custos (implicação directa da redução dos *stocks* e melhor aproveitamento do espaço) e motivação dos trabalhadores.

A empresa HDS - *Houston Downhole Sensors* é outro dos exemplos bem sucedidos de implementação do sistema JIT em *job shops*. Ashton e Cook (1989) apresentam o exemplo desta empresa que conseguiu melhorar substancialmente o seu desempenho a nível operacional. Apenas 3 meses após ter começado a implementar o JIT e o controlo total da qualidade, o número de defeituosos passou de 20% para 2%, o cumprimento dos prazos de entrega ficou próximo dos 100% e o volume de *stocks* diminuiu em 60%. Estes resultados foram obtidos sem necessidade de grande investimento de capital, e sem terem que recorrer a aplicações informáticas sofisticadas. Também não foram necessárias mudanças significativas no pessoal. Os autores mostram quais os factores que impediam a empresa de ter um bom desempenho: quase todas as falhas estavam directa ou indirectamente relacionadas com a imposição, por parte da empresa, do dogma de que a constituição de lotes permitia uma melhor utilização dos recursos. Começam por organizar o *job shop* de forma a que pudesse, rápida e eficientemente, transitar da produção de um produto para outro diferente sem incorrer em grandes atrasos e custos. Após algum tempo a empresa torna-se, de facto, muito mais eficiente do que inicialmente. É claro que esta transição ocorreu de forma gradual. Os directores

tiveram que adoptar políticas e procedimentos que comunicassem a nova filosofia de produção e recompensassem os comportamentos consistentes com elas.

Os estudos que pretendem realçar o facto de que uma empresa de pequena dimensão também pode adoptar um sistema de produção JIT sucedem-se ao ritmo de divulgação do seu sucesso. Sohal e Naylor (1992) apresentam o caso da empresa *Stadt Industries Pty. Ltd.* que, apesar de estar a produzir com qualidade a um preço de mercado competitivo, tinha um baixo desempenho no que diz respeito a prazos de entrega. De facto, a empresa reconhece que o longo *lead time total* (tempo entre a data de recepção da ordem do cliente e a data de expedição do produto – ver definição no apêndice A) era a principal causa de insatisfação dos clientes. Após uma análise detalhada de quais os factores que estariam na origem do problema, verificaram que a filosofia JIT poderia ser introduzida na sua empresa. Através da utilização do sistema de controlo de *stocks* do tipo *kanban* a empresa viu a sua produtividade e o seu desempenho global aumentarem. Estes resultados foram conseguidos através da redução no tempo de resposta aos clientes, da redução nos *stocks*, da diminuição da dimensão dos lotes de produção e da eliminação de desperdícios nas várias áreas da empresa. Gupta e Brennan (1995), de igual forma, acompanharam a implementação do JIT numa pequena empresa de produção por encomenda, analisando os benefícios que resultaram dessa implementação. Começaram por identificar os principais problemas operacionais de modo a que a implementação do sistema JIT fosse efectuada da forma mais eficiente. Os resultados obtidos com aquele sistema foram, de facto, positivos e vão desde a redução dos *lead-times*, dos materiais e dos produtos em curso de fabrico até à redução do custo total de produção.

Lee *et al.* (1994) descrevem a implementação dos conceitos JIT numa empresa de média dimensão do tipo *make-to-order*. Desenvolveram um sistema híbrido de controlo da produção, baseados na separação dos trabalhos (*jobs*) com volume de produção elevado dos trabalhos com menor volume e com *routings* mais complexos. Testes preliminares mostraram que este sistema poderia melhorar significativamente o desempenho da empresa e simplificar a tarefa de programação da produção. No entanto, a aplicação não teve grande sucesso devido, segundo os autores, à falta de empenho por

parte da gestão de topo e ao próprio ambiente económico onde a empresa estava a operar.

Na investigação conduzida por Hobbs (1994) é descrita a utilização das técnicas JIT na empresa *Amadas Industries*, que fabrica máquinas agrícolas. A empresa produz aproximadamente 30 modelos *standard* de máquinas, em lotes que vão desde a unidade até várias centenas, sendo algumas das componentes desenhadas pelos clientes. Através da instituição de sistemas que permitissem alcançar os objectivos subjacentes ao JIT (controlo visual da produção tipo *kanban*, organização e limpeza do local de trabalho, manutenção do equipamento, redução dos tempos de *setup*, produção celular, garantia da qualidade e envolvimento dos trabalhadores), a *Amadas* viu o seu tempo de resposta diminuir consideravelmente assim como o volume de *stocks* de produtos em curso de fabrico (que se reflectiu de imediato na diminuição do espaço ocupado da fábrica), tendo a produtividade aumentado.

Existem ainda outros estudos efectuados a pequenas empresas com um processo produtivo *job shop* que foram objecto de implementação do sistema de produção JIT [Finch e Cox (1986), Rantakyro (2000)]. O sistema JIT, apesar de conduzir a resultados que foram menos acentuados do que os esperados normalmente na produção repetitiva, provou ser um sistema com bastantes vantagens para as empresas *job shop*.

#### **2. 2. 2. 2. Estudos efectuados a conjuntos de empresas**

Existem alguns estudos que apresentam conclusões baseadas em inquéritos efectuados junto de um determinado grupo de empresas.

Golhar *et al.* (1990) efectuaram um inquérito a 32 empresas de pequena dimensão, que começaram a aplicar os princípios do sistema JIT, e a maioria delas teve sucesso nomeadamente em áreas como a coordenação da produção e na relação com os clientes (maior cumprimento dos prazos, melhor qualidade, ...).

De forma a estudar a possibilidade de transferir os conceitos do sistema *just-in-time* para as empresas de pequena dimensão, Inman e Mehra (1990) distribuíram um questionário a um conjunto de empresas americanas, identificadas como estando a operar de acordo com o sistema JIT. A sua análise permitiu concluir que todos os

elementos críticos para a implementação do sistema JIT existiam de igual forma nas empresas de pequena e grande dimensão, com a excepção da utilização de consultores externos para facilitar a implementação do JIT e da redução dos lotes de compra. Os benefícios que as pequenas empresas conseguiram obter são pelo menos tão bons como os atingidos pelas grandes empresas.

Outros estudos efectuados a grupos de empresas [por exemplo, os de Ettkin *et al.* (1990), Gunasekaran *et al.* (2000)], suportam a conclusão de que os princípios subjacentes ao sistema *just-in-time* podem ser implementados em empresas de pequena dimensão quando devidamente acompanhados e adaptados à sua realidade.

### **2. 2. 3. Investigação analítica. Modelos matemáticos e de simulação**

Alguns autores procuram construir modelos que forneçam programas de produção que vão de encontro aos objectivos do JIT. São propostos algoritmos ou modelos de simulação que conduzem à adopção de planos de produção ou ao desenvolvimento de mecanismos de controlo da produção (regras práticas de gestão) que permitam à empresa melhorar o seu desempenho.

Gravel e Price (1988) construíram um modelo de simulação da produção da empresa, utilizando diferentes regras de afectação dos lotes às máquinas. Efectuaram a comparação dos resultados quando a empresa utiliza a regra FIFO (regra habitual da empresa) e quando utiliza o método *kanban* combinado com diferentes regras de afectação: o rácio de congestionamento de cada operação; a regra SPT-*shortest processing time* e a regra do caminho mais congestionado. A comparação dos resultados da simulação foi efectuada utilizando os seguintes critérios: tempo total de produção, número de *set-ups* das máquinas, grau de utilização das máquinas e nível médio de *stocks* de produtos em curso de fabrico. A combinação do método *kanban* com cada uma daquelas regras de afectação permitiu obter os melhores resultados (não havendo grande diferença entre si) em relação à regra habitual da empresa. O director da produção decidiu efectuar um estudo piloto no qual um dos produtos da empresa iria ser produzido de acordo com o sistema de controlo do método *kanban*. Os autores descrevem detalhadamente a implementação do sistema *kanban* na produção do artigo seleccionado. Após algum tempo de experiência, o gestor da produção verificou

melhorias significativas no controlo da *shop* quanto à qualidade, *stock* de produtos em curso, tempo de conclusão do produto, espaço ocupado pelos *stocks*, atitude dos trabalhadores, etc. A experiência piloto teve tanto sucesso que a empresa decidiu utilizar o método *kanban* em todos os seus produtos.

De forma a estudar o efeito da variação dos tempos de *setup* e de processamento das tarefas, da variação dos níveis de carga e da variação das avarias das máquinas sobre o desempenho do sistema JIT em *job shops*, Huq e Huq (1994) desenvolvem um modelo de simulação utilizando para tal um *job shop* de referência. Chegam à conclusão que, apesar da variação no tempo de processamento não constituir um impedimento sério à implementação do JIT, variações nos níveis de carga e nas avarias das máquinas são factores críticos para que o sistema JIT tenha sucesso.

Nas empresas *make-to-order*, sendo a procura aleatória, não se pode planear a produção de forma proporcional à procura total (como acontece nas operações *make-to-stock*). Estando perante uma empresa com um processo produtivo *job shop*, Sinnamon e Milner (1995) procuraram determinar o “*mix* típico” de produtos finais. Para tal, desenvolveram um algoritmo que indicava um programa de produção com uma carga de trabalho balanceada ao longo da *shop*. O processo era dinâmico pois incorporava novas encomendas de produto que entretanto chegassem à empresa. O modelo matemático desenvolvido para determinar quais as quantidades a produzir de cada produto estava dividido em três fases. Numa primeira fase, o algoritmo fornecia um método de determinação dos níveis de produção ideais de cada modelo (são ideais pois permitem alcançar todas as *due dates*, operando à capacidade máxima e com um balanceamento total das operações); depois, procurava obter níveis de produção realistas (a partir dos ideais) recorrendo a um algoritmo que fornecia uma solução inteira (*closest integer problem*); finalmente, caso surgissem soluções (níveis de produção) impossíveis, este 3º passo oferecia um algoritmo que as eliminava. Produzia-se assim uma sequência real de produção que iria ser a melhor forma de balancear o programa de produção da *shop*.

No que diz respeito à utilização de modelos matemáticos e mais recentemente, Hao *et al.* (1998) estudaram o problema de planeamento da produção para uma empresa de produção por encomenda em pequenos lotes. Os autores apresentam um método de planeamento dos adiantos (*earliness*) e dos atrasos (*tardiness*) para o sistema de

produção do tipo *job shop*. O modelo minimiza a soma do custo de *earliness* e *tardiness* de todos os produtos na secção que constitui o ponto de estrangulamento. O plano determina a data de início e a data de conclusão de produção de cada produto, assim como as necessidades de capacidade em cada período.

Num estudo analítico, Handfield (1993) investiga quais as características do sistema *just-in-time* que se evidenciam mais nos ambientes de produção *make-to-order* e *assemble-to-order*. O autor formula três conjuntos de hipóteses: i) o sistema JIT elimina mais eficientemente o desperdício (percebido em sentido lato) que o sistema não JIT, ii) o sistema JIT possui melhores medidas de desempenho na produção (tempos de *set-up* mais curtos, lotes mais pequenos, ...) que o sistema não JIT, iii) o sistema JIT tem melhores condições de aquisição (entregas em lotes mais pequenos, menos *stocks* de matérias-primas, entregas mais rápidas e atempadas, ...) que o sistema não JIT. Os resultados sugerem que a característica mais destacada do sistema JIT é a eliminação dos desperdícios, e que as empresas *make-to-order* podem ter uma dificuldade maior na implementação do sistema JIT que as empresas *assemble-to-order*.

Vários outros estudos utilizam a simulação como forma de investigarem quais os factores que influenciam o desempenho das empresas com um processo produtivo *job shop* quando implementam um sistema de produção JIT [por exemplo, Li e Barnes (2000), Nandi (2000) e Li (2003)].

Da análise efectuada neste capítulo, podemos concluir que o sistema de produção *just-in-time*, estritamente como foi desenvolvido inicialmente, não pode ser implementado nas empresas com um processo de produção do tipo *job shop*. O sistema foi desenvolvido para as empresas com um processo de produção repetitivo de um ou poucos produtos, o que não acontece com as empresas que possuem um processo de produção por encomenda. Os estudos que investigam esta possibilidade não o fazem para a empresa *make-to-order* genérica ou para o problema de planeamento e controlo dos *job shops*. Nos casos de aplicação que obtiveram sucesso, este foi conseguido à custa de grandes adaptações à empresa em causa (muito dos estudos são baseados em uma determinada empresa de produção por encomenda em que se tenta seguir os princípios do JIT) ou devido a grandes simplificações que se afastam da realidade dos *job shops* (quando são desenvolvidos modelos matemáticos para obter planos de

produção que conduzem a datas de conclusão muito próximas das datas de entrega prometidas).

Tendo como base a filosofia de gestão do sistema *just-in-time* e toda a investigação existente que procura resolver o problema (complexo) de planeamento e controlo das operações nos *job shops* – mais propriamente os que andam em torno do conceito de *workload control* –, a presente investigação procura apresentar, no próximo capítulo, um esquema conceptual de planeamento e controlo para os *job shops*. O *design* global tem como principal objectivo permitir que as entregas sejam feitas *just-in-time*, portanto permitir que as encomendas sejam expedidas o mais próximo possível da data de entrega prometida (por forma a evitar os custos associados à conclusão adiantada dos trabalhos – custos com os *stocks*, imobilização de capital, risco de degradação, ...- e à entrega atrasada – penalidades contratuais, perda de imagem, ...).

## Capítulo 3

### Planeamento de operações em *job shop*

Existem várias actividades que têm que ser coordenadas para controlar uma empresa de produção por encomenda. O objectivo básico é processar vários *jobs* simultaneamente e controlar a sua execução de modo que os trabalhos terminem na sua *due-date*, produzindo eficientemente, da forma mais económica possível. Torna-se fundamental deter um sistema de planeamento e de controlo da produção que possa desenvolver programas admissíveis (para as disponibilidades de capacidade e materiais existentes), e que simultaneamente respeite a data de entrega prometida ao cliente.

O capítulo começa por efectuar uma breve caracterização do processo de produção *job shop*. Procede-se, depois, a um levantamento das funções básicas e das características de um sistema de planeamento e controlo da produção para o processo produtivo genérico. Apresentam-se os principais aspectos a ter em consideração aquando da sua definição e os conceitos e elementos chave do planeamento hierárquico da produção. É desenvolvido um sistema de planeamento e controlo das operações (onde se integram as decisões de longo, médio e curto prazo), tendo em mente as características próprias das empresas *job shop*. Porque as principais diferenças entre *flow shop* e *job shop* se encontram no curto prazo e nas decisões aqui tomadas, discutimos os conceitos

considerados fundamentais neste horizonte temporal: o controlo do *input* e do *output* e os mecanismos de lançamento das ordens. É, ainda, efectuada uma análise do papel dos mecanismos de lançamento no sistema de planeamento e controlo da produção, da estrutura destes mecanismos, das suas actividades e componentes. O capítulo termina com a classificação geral das regras de lançamento de ordens, e com uma revisão dos mecanismos existentes na literatura e respectiva classificação.

### **3. 1. Caracterização do processo de produção *job shop***

A produção por encomenda é dos tipos de processo produtivo mais comum entre as empresas que constituem o tecido empresarial. Podemos nela incluir uma variedade de indústrias e de empresas prestadoras de serviços (p. e. lojas de reparação, tipografias, fabricantes de máquinas industriais, ...). O termo *job shop* é utilizado para indicar este tipo de processo de produção.

As empresas de produção por encomenda caracterizam-se por fabricarem uma grande variedade de produtos em pequenos lotes e, como consequência, terem sequências de processamento (*routings*) muito variados. Este facto resulta em vários problemas para a gestão, nomeadamente no que diz respeito à previsão da procura (e consequente dificuldade de antecipação das necessidades dos clientes [Vollmann *et al.* (1997)]) e à existência de zonas de estrangulamento da produção (*bottlenecks*). Como consequência da variedade de artigos que o *job shop* produz, o processo produtivo e os equipamentos utilizados devem ser flexíveis. No entanto, a mão de obra utilizada possui, normalmente, elevada especialização em termos de aptidões requeridas para executar as tarefas (implicando custos de mão de obra elevados).

As características de um processo produtivo deste tipo podem ser sintetizadas aos seguintes aspectos:

- variedade dos *items* produzidos e dos processos produtivos (*routings* variados);
- produção em lotes de pequena dimensão;
- complexidade no planeamento da capacidade produtiva (consequência da natureza dinâmica da procura);

- incerteza nas condições externas (alterações frequentes nas especificações do produto, quantidades, *due dates*, atraso nas entregas por parte dos fornecedores, ...) e internas (avaria de equipamento, absentismo dos trabalhadores, ...) e
- dificuldade no planeamento da produção (a informação disponível é insuficiente devido ao carácter dinâmico das ordens, possibilidade de alterações nos pedidos, multiplicidade de processos produtivos,...).

A investigação acerca do controlo dos *job shops* tem sido efectuada sob diferentes perspectivas. Uma das perspectivas refere-se ao problema estático, que pode ser descrito da seguinte forma: dado  $n$  *jobs*, cada um composto por várias operações que devem ser processadas em  $m$  máquinas, procura-se encontrar o programa das operações nas máquinas, tendo em atenção as devidas restrições, que optimize um determinado critério de desempenho (frequentemente minimizar o tempo que decorre desde o início da primeira operação na primeira máquina, até à conclusão da última operação na  $m^{\text{ésima}}$  máquina – *makespan*). O problema resultante é conhecido como sendo *NP-hard*, requerendo longas horas de computação para qualquer problema de dimensão razoável. A outra perspectiva supõe uma situação dinâmica, com maior aderência à realidade, onde novos *jobs* chegam continuamente. Neste caso, programar o início exacto e os tempos de conclusão das operações de um *job* torna-se menos realista. A possibilidade de novas chegadas, combinada com a incerteza inerente aos *job shops*, poderia criar uma instabilidade no programa recentemente optimizado. Daí que a investigação, no caso dos *job shops* dinâmicos, esteja focada no desenvolvimento de regras simples, porém expeditas, de programação que permitam incorporar, em cada momento, novas informações.

A abordagem estática, quando aplicada a situações de um *job shop* altamente dinâmico e incerto, pode provocar muitos problemas. De facto, a validade de um programa para um certo período de tempo fica rapidamente ultrapassado, devido à chegada de novas ordens, à possibilidade de quebras/avarias nas máquinas e equipamentos, a desvios no processamento, nos tempos de transporte e de *set-up*, aos tempos de espera por materiais, ferramentas, operadores, etc. A re-programação frequente é uma das formas

para lidar com estas perturbações; no entanto, isto só pode ser feito à custa de uma recolha e processamento quase constante de informação(que tem um custo elevado).

Quanto à perspectiva estática, é de realçar o trabalho desenvolvido por Onur e Fabrycky (1987), uma vez que procura aliar ao problema de controlo do *job shop* o conceito de controlo do *input* e do *output* (devido à sua relevância para as questões em estudo, este conceito será aprofundado na secção 3.3.). Os autores definem o processo produtivo *job shop* como um modelo matemático que descreve o sistema de controlo do *input* e do *output*. Desenharam um sistema de controlo da produção para determinar periodicamente tanto o conjunto de *jobs* que estão para ser lançados da *pre-shop pool*<sup>1</sup>, como a capacidade dos vários centros de trabalho. O modelo estabelece várias relações entre as características da *shop* para o período de planeamento e procura minimizar a soma dos custos de sub-utilização da capacidade, custos com o recurso a tempo de trabalho extra, segundo turno, custo de produtos em curso de fabrico e custo de atraso. A primeira função do modelo é a determinação dos valores das variáveis de decisão que minimizam o custo. São elas:

$$X(i) = \begin{cases} 0, & \text{se o job } i \text{ não é lançado da } pool \\ 1, & \text{se o job } i \text{ é lançado da } pool \end{cases}$$

$OT(j)$  = número de horas extra programadas para a máquina  $j$

$$S(j) = \begin{cases} 0, & \text{se não foi programado um 2º turno para a máquina } j \\ 1, & \text{se foi programado um 2º turno para a máquina } j \end{cases}$$

Onur e Fabrycky (1987) indicam, ainda, três importantes factores que afectam o desempenho e as decisões no *job shop* dinâmico:

- 1) o nível de carga de trabalho (número de horas de tempo de processamento que se espera afectem cada máquina no próximo período),
- 2) o nível de *stocks* de produtos em curso de fabrico e
- 3) o estado da *due date* dos *jobs*.

---

<sup>1</sup> A *pre shop pool* é uma área de armazenamento, normalmente uma base de dados, que consiste em todas as ordens de produção aceites (já processadas pela fase de entrada da ordem), mas ainda não lançadas para a *shop*. Muitos autores designam este conceito de *order release pool*.

As restrições definem a relação existente entre a carga de trabalho de cada máquina e a capacidade total planeada para essa máquina, os limites máximos de capacidade e as condições de sinal das variáveis.

A modelação matemática do problema *job shop* é uma das formas de obtenção de uma solução que cumpra determinados objectivos (nomeadamente a minimização dos custos globais). No entanto, quanto mais complexo for o processo produtivo, mais difícil se torna a obtenção de uma solução óptima. Sendo assim, outros autores apresentam formas alternativas de encontrar uma solução para os *job shops*. Lasserre (1992) mostra, no seu estudo, um modelo integrado de planeamento e programação para um *job shop*. Para resolver o problema utiliza um método faseado que alterna entre o problema de planeamento (para uma determinada programação) e o problema de programação (para um dado plano de produção). Ainda, Arslan *et al.* (2001) estudam um conjunto de modelos analíticos que visam decidir quando e como expedir em processos produtivos *make-to-order*. O *job shop* pode também ser descrito como um modelo de filas de espera, onde vários produtos têm que ser processados em diversas máquinas por determinada ordem. Karmarkar *et al.* (1985) modelam o comportamento de um *job shop* como uma rede de filas. Procuram estudar a relação existente entre a dimensão do lote de produção e o desempenho da *shop*, utilizando o modelo de redes de filas, que é posteriormente conjugado com uma rotina de optimização que procura a dimensão óptima dos lotes de produção. Mais recentemente, Haskose *et al.* (2002 e 2004) retomam a ideia de formular o ambiente *job shop* como uma rede de filas de espera, de forma a controlar a quantidade de trabalho na *shop*.

Quanto à segunda perspectiva, a investigação focada no aspecto dinâmico dos *job shops* procura incorporar um maior realismo na análise do problema de controlo das suas operações. A maior parte desses estudos desenvolve-se em redor da pesquisa de mecanismos de decisão baseados em regras práticas que permitam controlar, em tempo real, as operações. É o caso das regras de sequenciamento baseadas nas características dos *jobs*, ou da *shop*, ou, ainda, o caso das regras de prioridade de lançamento dos diversos *jobs*. Esta perspectiva reconhece que é praticamente inevitável a existência de filas de espera nas diversas secções devido ao aspecto dinâmico do *job shop* e à necessidade de constituir uma certa reserva de trabalho em cada secção, de forma a

garantir uma suficiente utilização do *shop floor*. O controlo dessas filas constitui um dos grandes princípios do conceito de *workload control* [Hendry e Kingsman (1989), Henrich *et al.* (2004)]. O *job shop* requer, portanto, um elevado montante de trabalho em curso, o que torna muitas vezes difícil saber a localização exacta de um *job* num determinado momento. Como consequência, o tempo requerido para completar a totalidade do processo de produção é normalmente muito mais longo que a soma dos tempos de processamento das tarefas individuais. Estas características vêm reforçar a necessidade de um sistema de controlo dos *jobs* à entrada e durante a fase de processamento das várias tarefas, de modo a que se possa estimar com relativa certeza as datas de conclusão dos *jobs* e os custos associados à sua produção.

### **3. 2. Planeamento e controlo das operações**

O planeamento e controlo da produção envolve decisões relacionadas com a aquisição, utilização e afectação de recursos produtivos de forma a satisfazer os pedidos dos clientes da forma mais eficiente e económica. O problema do planeamento existe porque os recursos de produção são limitados e não podem ser “guardados” para utilização futura. Daí ser necessário efectuar escolhas sobre que recursos incluir, como os afectar pelos diferentes trabalhos, quando os ajustar, por exemplo.

As principais funções de um sistema de planeamento e controlo da produção podem ser resumidas aos seguintes pontos:

- determinar quanto é necessário de cada um dos produtos finais (com base nas ordens dos clientes e/ou previsões da procura - o chamado plano geral de produção ou necessidades primárias);
- planear as necessidades dos materiais (necessidades secundárias - determinação das necessidades de matérias primas e do conjunto de componentes ao longo do tempo);
- programar e sequenciar os *jobs*;
- planear e balancear as capacidades;
- determinar os trabalhos a serem lançados e em que data;
- controlar a prossecução dos objectivos definidos (em termos de desempenho) e tomar medidas se ocorrerem desvios.

### 3. 2. 1. Abordagem geral das actividades de planeamento e controlo da produção

As actividades de produção têm de ser planeadas a vários níveis e de forma integrada. Podemos considerar a existência de quatro grandes níveis de planeamento numa empresa: longo prazo, médio prazo, curto prazo e diariamente. O planeamento de longo prazo é feito geralmente tendo em consideração um horizonte temporal superior a um ano. São decisões estratégicas, onde se definem os objectivos de longo prazo, as normas de desempenho em termos de *lead times*, qualidade (ou outros), as necessidades de recursos (humanos, financeiros, ...), os investimentos, os mercados e produtos, etc.. O planeamento a médio prazo cobre normalmente um período de seis meses a um ano e engloba o planeamento agregado da produção e o planeamento grosseiro da capacidade. No planeamento de curto prazo (que engloba normalmente um horizonte temporal de poucas semanas) é efectuado o planeamento de materiais, das necessidades de capacidade, o controlo *input/output*, o plano e controlo das compras, etc.. Diariamente, temos actividades que visam controlar a execução dos planos no *shop floor*.

Rashdi (1996) efectua um estudo direccionado para as empresas de produção por encomenda, apresentando uma estrutura das tarefas de planeamento para os sistemas de produção *job shop* (*make-to-order*, como é designado pelo autor). Sendo estes sistemas muito complexos, requerem um número elevado de decisões de forma a mantê-los em actividade. Rashdi (1996) classifica estas decisões em quatro tipos: decisões relativas ao planeamento estratégico, decisões no âmbito do planeamento tático, decisões correspondentes à negociação da ordem e decisões referentes ao controlo da produção. O Quadro 3.1. apresenta as principais decisões, em cada um dos níveis, nos sistemas de planeamento e controlo da produção.

Enquanto as decisões estratégicas e táticas são comuns às empresas em geral, a negociação da ordem é de importância fundamental nas empresas com um processo produtivo do tipo *job shop*. As decisões a este nível são normalmente baseadas em considerações dos departamentos de produção e de *marketing*; devem ser decisões realistas em termos de capacidade de produção disponível e em termos de custos, procurando, no entanto, aceitar o maior número possível de ordens.

Planeamento estratégico: configuração das instalações

- determinação da localização e configuração de novas instalações
- expansão das actuais instalações
- aquisição de novo equipamento e tecnologias

Planeamento tático: planeamento agregado

- planeamento da produção
- utilização da força de trabalho
- objectivos de vendas
- decisões de *stockagem* e de compra

Negociação da ordem: decisões de marketing

- aceitação/rejeição da ordem
- fixação do preço
- definição da data de entrega

Controlo da produção: programação detalhada

- determinação da data de lançamento
- afectação das ordens às máquinas/secções
- planeamento da capacidade
- lançamento (*dispatching*) das ordens no *shop floor*

Quadro 3.1. Decisões do sistema de planeamento e controlo da produção em empresas *make-to-order* [Rashdi (1996)]

As decisões de controlo da produção envolvem a programação da mão-de-obra e do equipamento, o ajustamento de taxas de produção, a afectação de tempo de produção em horário extraordinário, o sequenciamento e o *dispatching*. A este nível, as decisões tomadas superiormente são desagregadas em instruções específicas para o *shop floor*.

As actividades de planeamento do sistema de produção das empresas *job shop* estão inter-relacionadas, assim como as decisões que se tomam em cada um dos níveis. O plano estratégico condiciona o plano tático e este, por sua vez, o programa detalhado. As decisões estratégicas formulam os objectivos globais da empresa e definem as linhas de orientação nas quais o planeamento tático efectua os planos de produção. As

decisões tomadas a estes dois níveis são normalmente baseadas em dados agregados (previsões de ordens futuras, desempenho de planos de produção anteriores, ...). O sistema deve permitir uma integração vertical do plano da produção e uma integração funcional entre os departamentos de *marketing* e de produção.

Na maior parte das empresas, o planeamento da produção é normalmente conduzido de uma forma hierárquica. Tendo em atenção um horizonte temporal longo, tomam-se decisões ao nível da aquisição de equipamento e de contratação de pessoal (entre outros). No médio prazo, efectuam-se planos gerais de eventuais necessidades de subcontratação ou de utilização dos recursos humanos existentes para operar em horário extraordinário. Descendo mais no horizonte temporal, todas as semanas programa-se cada trabalho a ser executado, em que secção, e quando se deve iniciar a sua execução. E diariamente, decide-se qual a ordem de execução dos trabalhos já lançados. De acordo com Gelders e van Wassenhove (1982), os problemas de planeamento da produção são, de facto, resolvidos através de um procedimento de decisão hierárquico: à medida que o horizonte temporal decresce, o nível de detalhe aumenta. As decisões aos vários níveis não devem ser tomadas de forma independente umas das outras, pois podem ocorrer incompatibilidades entre as opções seleccionadas nos diferentes níveis, e surgirem restrições indesejáveis à actuação ao nível mais operacional. Daí ser recomendável integrar os diferentes níveis para assegurar a admissibilidade dos vários planos e a consistência na prossecução dos objectivos planeados.

Hax e Meal (1975), Bitran e Hax (1977), Bitran *et al.* (1981, 1982) e Meal (1984) são dos primeiros autores a apresentarem formalmente o conceito de planeamento hierárquico da produção. A primeira abordagem de Bitran *et al.* (1981) é a de um sistema de planeamento hierárquico da produção como um processo de uma fase, evoluindo posteriormente, para um sistema de planeamento em duas fases [Bitran *et al.* (1982)]. Estes estudos são, mais tarde, objecto de extensões e modificações, incorporando, por exemplo, interfaces funcionais e hierárquicas [Saad (1990)].

São muitos os estudos que versam sobre a questão do planeamento hierárquico da produção. Podemos classificá-los em dois grandes tipos: os que desenvolvem um sistema hierárquico para uma empresa em concreto, e os que apresentam analiticamente

o conceito de planeamento hierárquico (modelos matemáticos, sistemas de programação, ...) ou efectuem revisões dos trabalhos existentes. No primeiro tipo de investigação podemos citar, entre outros, os estudos de Liberatore e Miller (1985), Bowers e Jarvis (1992), Miller e Liberatore (1993), Qiu e Burch (1997), Qiu *et al.* (2001). No segundo conjunto de estudos podemos incluir os trabalhos de Sumichrast e Burch (1985), Tsubone *et al.* (1991), Meybodi (1995), McKay *et al.* (1995), Tagawa (1996), Kira *et al.* (1997), Vicens *et al.* (2001).

O planeamento hierárquico da produção enquadra-se na estrutura organizacional da empresa e facilita as revisões necessárias em cada um dos níveis de gestão. Claramente, as decisões de topo limitam, de uma forma sequencial, as decisões que são tomadas posteriormente. As decisões de investimento (ao nível de equipamento e das instalações, p. ex.) são efectuadas ao nível mais elevado de gestão; a afectação da produção às fábricas (se existirem) é feita a um nível de decisão inferior. Os directores das fábricas preparam os planos de produção por tipo de produto e, finalmente, na base das decisões temos os programas de produção de cada artigo.

A principal vantagem do planeamento hierárquico é a simplicidade e clareza do seu funcionamento e consequentemente das várias decisões que têm de ser tomadas. Cada nível sucessivo tem uma base de dados menor e menos complexa e uma estrutura mais simples.

A estrutura do planeamento hierárquico da produção depende das características do(s) produto(s) que a empresa produz, das tecnologias de produção, dos seus custos e da configuração organizacional. A estrutura hierárquica é muito particular, muito própria de cada empresa (mesmo dentro da mesma indústria, o melhor para uma empresa pode não o ser para outra). No entanto, Meal (1984) sugere algumas linhas de orientação no desenvolvimento de um sistema hierárquico da produção: manter as decisões o mais simples possível; separar as decisões, e nomear quem toma cada tipo de decisão. Tendo em consideração os aspectos mais relevantes do planeamento e controlo da produção das empresas em geral vamos, de seguida, desenvolver um sistema que integre as diferentes questões de planeamento para as empresas de produção por encomenda.

### 3. 2. 2. Sistema integrado de planeamento das operações para as empresas *job shop*

Holstein (1968) é dos primeiros autores a apresentar um método integrado de planeamento e controlo da produção. A forma como apresenta os fluxos de informação existentes entre as actividades de curto, médio e longo prazo é muito interessante, uma vez que fornece uma visão global do funcionamento do sistema. No seu estudo, é realçada a necessidade de uma estreita coordenação das funções de planeamento da produção e de *marketing*, não devendo nenhuma delas perseguir isoladamente os seus objectivos. O que acontece é que os departamentos de produção e de *marketing* têm metas a alcançar que, muitas vezes, são opostas.

Nesta secção pretende-se apresentar um sistema de planeamento das operações para as empresas com um processo produtivo *make-to-order*. Maruchek e McClelland (1986), Kingsman *et al.* (1989), Hendry e Kingsman (1991a), Zäpfel e Missbauer (1993a) e Tagawa (1996) são os principais estudos que estiveram na base da elaboração do sistema integrado que é desenvolvido e apresentado. Os vários autores mostram diferentes esquemas conceptuais que permitem planear e controlar as operações, mas de uma forma geral e não adaptada às empresas de produção por encomenda.

As actividades que compõem o sistema de planeamento num *job shop* podem ser agrupadas em quatro grandes tipos: as que dizem respeito a decisões que vão ter um impacto no longo prazo, as que se referem ao médio prazo, as actividades referentes ao curto prazo e as tarefas implementadas diariamente. A Figura 3.1. mostra o sistema integrado de planeamento, programação e controlo proposto neste estudo.

As decisões que vão ter impacto no longo prazo, que se encontram relevadas no primeiro quadro da Figura 3.1., são de natureza estratégica; são aquelas que, tendo sido tomadas, têm um impacto por vários anos na actividade da empresa (é o caso de onde implementar a empresa, que dimensão ter, como configurar o seu *layout*, que tipo de produto produzir, por que tipo de equipamento optar, como financiar o investimento, etc.).

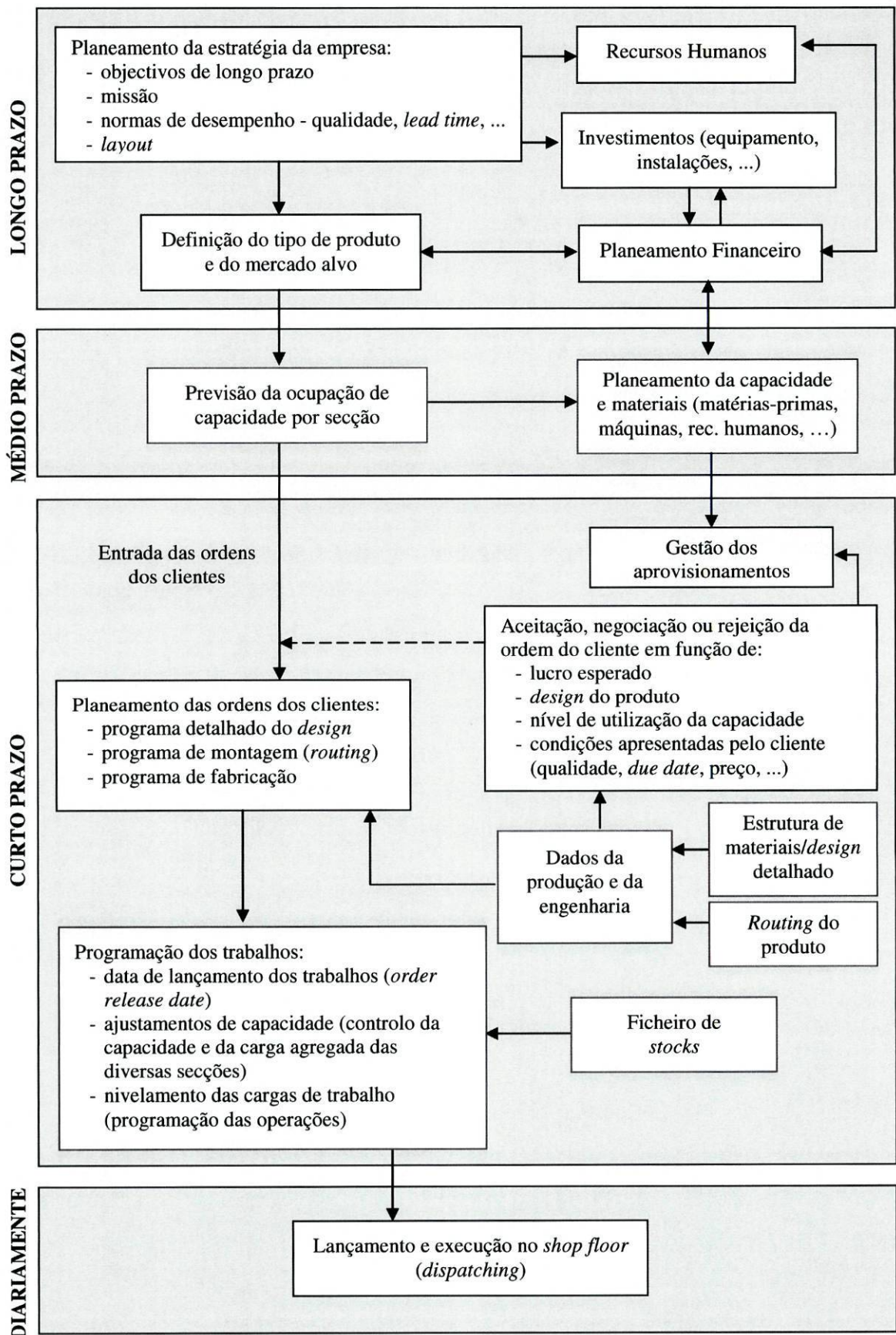


Figura 3.1. Sistema integrado de planeamento

No horizonte temporal mais lato, o sistema integrado proposto não está exclusivamente direccionado para as empresas em estudo nesta investigação. No entanto, conforme vamos passando para decisões que têm impacto num prazo mais curto, as actividades apresentadas, e os fluxos de informação, têm como objecto as empresas com um processo produtivo *job shop*. No médio prazo, tradicionalmente a capacidade é prevista para a empresa como um todo e de acordo com a procura esperada para os seus produtos. No caso dos *job shops*, a capacidade tem que ser estimada por secção ou máquina.

É no curto prazo que se encontram as principais diferenças entre o planeamento nas empresas com um processo produtivo *flow shop* e *job shop*. Uma vez que o principal problema dos *job shops* é a falta de capacidade (ocasional e flutuante entre as diversas secções, com a existência de estrangulamentos na produção), as decisões de aceitação ou não de novas ordens de encomenda, as decisões de início da produção da ordem (*order release*) e ainda a definição das datas de entrega, têm grande importância neste horizonte temporal. Se atentarmos no terceiro quadro da Figura 3.1., podemos verificar que a aceitação, negociação ou rejeição da ordem (em função de diversos critérios e em conjunto com informações de ordem técnica), juntamente com o planeamento das ordens dos clientes e a programação dos trabalhos, constituem as questões centrais a ter em mente para uma eficiente gestão das operações numa empresa *job shop*. Estas questões, devido à sua importância, irão ser objecto de estudo mais detalhado na secção seguinte (onde se discutirá o problema do controlo da carga e do lançamento de trabalhos) e nos capítulos que se seguem (onde serão apresentadas uma nova regra de aceitação, negociação ou rejeição de ordens e um novo mecanismo de lançamento).

Diariamente, as decisões a tomar serão já a um nível operacional, onde o principal objectivo é efectuar o controlo da execução dos trabalhos que foram lançados. Nesta fase, as regras de *dispatching* podem também ser utilizadas de forma a aumentar o fluxo de ordens no interior da *shop* ou a permitir o alcance de determinados objectivos (terminar primeiro as ordens que têm a data de entrega mais próxima, por exemplo).

### 3. 3. O problema do controlo da carga e do lançamento de ordens

#### 3. 3. 1. Controlo do *input* e do *output*. *Workload control*

Wight (1970) foi o primeiro autor a abordar a questão do controlo *input/output*. No seu estudo pioneiro, o autor observou que muitos dos problemas existentes nas empresas de produção por encomenda (*stocks* de produtos em curso de fabrico elevados, incumprimento nas datas de entrega prometidas, falta de espaço, ...) podem ser resolvidos utilizando um sistema de planeamento e controlo eficiente. Aqueles problemas são indícios de um fenómeno que Wight (1970) designa de síndrome do *lead time*. Zäpfel e Missbauer (1993a, 1993b) referem este fenómeno nos seus estudos e representam-no esquematicamente de forma análoga à Figura 3.2..

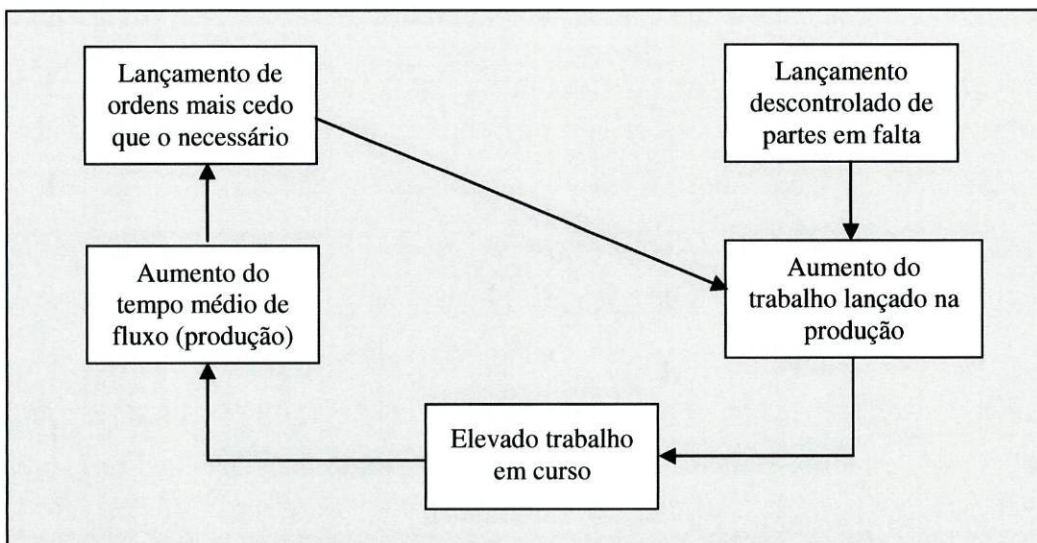


Figura 3.2. Síndrome do *lead time* [Zäpfel e Missbauer (1993a, 1993b)]

A situação apresentada resulta do facto de que, quem está a planear, não ter em atenção a relação existente entre quantidade de trabalho em curso (número de unidades), a taxa de produção e o tempo médio de produção. Esta relação é a bem conhecida lei de Little, segundo a qual a quantidade média de trabalho em curso é proporcional ao tempo médio de produção ( $L = \lambda W$  em que  $L$  representa o *stock* em termos de quantidade de trabalho,  $\lambda$  corresponde à taxa de produção e  $W$  equivale ao tempo médio de produção). Tal significa que um trabalho em curso controlado permite tempos de produção igualmente controlados. Existe um nível crítico de trabalho em curso que deve ser mantido no sistema para evitar longos *lead times* e alcançar uma taxa de produção satisfatória.

Manter os *jobs* numa fila antes de eles entrarem para a *shop*, fomenta aquele controlo. A *pre shop pool* absorve as flutuações existentes devido à chegada de novas ordens.

A explicação existente para a ocorrência daquele síndrome é que, para evitar incumprimentos e em face de tempos de fluxo longos e incertos, são planeados *lead times* mais alargados que resultam em maiores quantidades de trabalho (lançamento das ordens na *shop* muito mais cedo do que o necessário), em *stocks* de produtos em curso mais elevados, em menor capacidade de controlo e, por isso, em *lead times* ainda maiores. A reacção do decisor é aumentar os tempos de fluxo planeados, o que tende a agravar cada vez mais a situação. As três maiores causas de longas filas de trabalhos e de grandes quantidades de trabalho acumulado são: *lead times* planeados inflacionados, lançamento errado de trabalhos e incapacidade de planear e controlar eficazmente.

Zäpfel e Missbauer (1993a) utilizam o estudo de simulação efectuado por Wiendahl<sup>2</sup>, para mostrar a relação existente entre a quantidade de trabalho em curso, o tempo médio de produção e a taxa de produção. À medida que a quantidade de trabalho em curso aumenta para além de um determinado limite, a taxa de produção cessa de crescer, enquanto o tempo médio de produção continua a aumentar. O nível de trabalho em curso determina a taxa de utilização da capacidade, o desempenho das entregas, o tempo médio de fluxo e o tempo médio de *setup*.

Wiendahl e Breithaupt (1999) mostram, em termos gerais, a interdependência entre a taxa de produção, o tempo médio de produção e a quantidade de trabalho em curso. A Figura 3.3. mostra que a taxa de produção de um sistema é praticamente independente do trabalho em curso uma vez que qualquer sistema de produção possui um *stock* de ordens pendentes. Por isso, a taxa de produção (a medida de desempenho do sistema) é praticamente igual à capacidade. Só se o volume de *stock* de trabalhos em curso for muito reduzido é que irão ocorrer perdas de produção devido a interrupções no fluxo de material. Por outro lado, o tempo médio de produção decresce em proporção com o trabalho em curso, até que seja atingido o mínimo físico. Para lá deste ponto, o tempo de produção já não pode ser mais reduzido porque está limitado pela soma dos tempos de processamento nas diversas secções e de um tempo mínimo de transporte entre elas.

---

<sup>2</sup> Wiendahl, H. -P. (1987) *Belastungsorientierte Fertigungssteuerung*, Hanser, Munchen – Wien

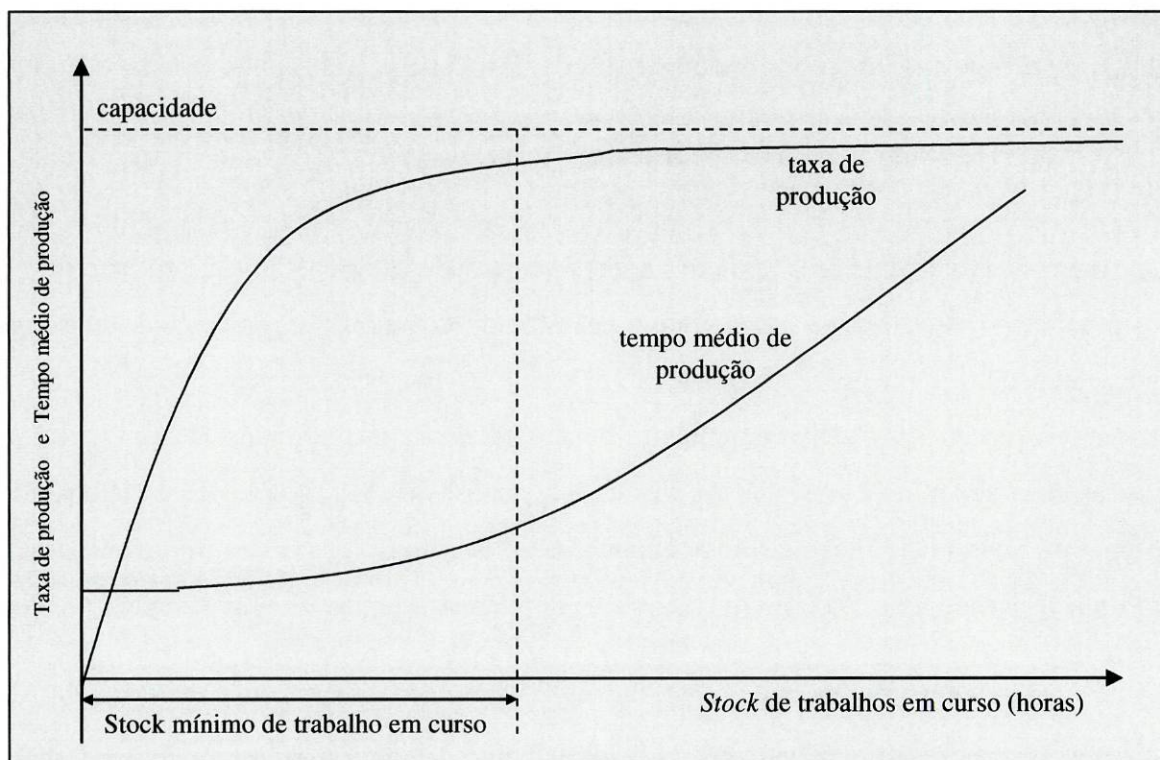


Figura 3.3. Interdependência entre a taxa de produção, o tempo médio de produção e a quantidade de trabalho em curso (adaptado de Wiendahl e Breithaupt (1999))

Os sistemas de controlo *input/output* são bastante apropriados às empresas com um processo de produção por encomenda, pois permitem uma gestão eficiente dos *lead times* (que é um dos objectivos mais importantes nos *job shops*). Plossl e Wight (1973) mostram como é possível controlar os *lead times* recorrendo ao controlo do *input* (quantidade de trabalho a realizar) e do *output* (capacidade de produção). O *input* planeado deve ser sempre menor ou, no limite, igual ao *output* planeado, de forma a ser possível manter o controlo.

Vários estudos estendem o estudo do controlo do *input* e do *output* ao controlo hierárquico da capacidade da produção (Bertrand (1983b), Bechte (1988) e Kingsman *et al.* (1989), por exemplo). Este conceito hierárquico de controlo da carga de trabalho (designado originalmente por *workload control*) permite controlar a quantidade de trabalho a dois níveis: ao nível da entrada da ordem e ao nível do lançamento da ordem para o *shop floor*.

O controlo da carga de trabalho tipifica o *job shop* como um sistema de filas de espera. Quando chega um *job* encontrará uma fila de *jobs* à espera de serem processados. O princípio do *workload control* é controlar a dimensão destas filas, podendo o decisor fazê-lo nos vários momentos onde tem de tomar decisões: decisão de aceitação da ordem, decisão de lançamento da ordem e decisão de sequenciamento no *shop floor*. Com a utilização do controlo da carga de trabalho, pretende-se que as ordens não sejam lançadas para o *shop floor* se se esperar que essa decisão vá implicar uma ultrapassagem do nível máximo de carga permitido na *shop*. Oosterman *et al.* (2000) estudaram até que ponto as características particulares dos *job shops* influenciam o funcionamento do *workload control*.

O controlo *input* regula a passagem de *jobs* para a fase seguinte, aceitando ordens para entrar na *pre shop pool*, lançando ordens para o *shop floor* e lançando *jobs* para processamento, respectivamente (existe portanto um controlo do fluxo de entrada de trabalho). O controlo *output*, socorrendo-se da gestão da capacidade, contribui para o controlo da carga de trabalho, através da regulação do fluxo de saída das ordens.

Outros estudos enfatizam a importância do controlo do *input* e do *output*, dos quais podemos destacar os efectuados por Onur e Fabrycky (1987), Fry e Smith (1987), Tatsiopoulos (1988), Land e Gaalman (1996), Kingsman (2000) e Gaalman e Perona (2002). Existem também estudos que investigam a possibilidade de implementação deste conceito em empresas *job shop* com problemas no controlo da quantidade de trabalho em curso. É o caso de Gronalt (2002), Fowler *et al.* (2002) e Riezebos *et al.* (2003). Trata-se normalmente de indústrias que têm custos fixos extremamente altos, com equipamentos muito especializados, como é o caso das empresas de produção de semicondutores ou de circuitos. Devido ao elevado custo do equipamento, são necessários métodos de programação que assegure uma total utilização dos *bottlenecks*, mas não afectando demasiado os custos com os *stocks*, tornando o conceito de *workload control* particularmente atraente.

Mais recentemente, Henrich *et al.* (2004) concluem que a aplicabilidade do conceito de *workload control* cresce com o aumento da variabilidade resultante do aumento das flutuações das chegadas, das diferenças nas *due date*, da instabilidade dos tempo de processamento e dos *routings*.

### **3. 3. 2. Mecanismos de lançamento de ordens (*order review/release* - *ORR*)**

O mecanismo de *order release* estabelece a ligação entre as fases de planeamento e de execução dos sistemas de produção. Nesta secção procura-se enquadrar o mecanismo de *ORR* no sistema de planeamento e controlo da produção e analisar a sua estrutura.

As decisões de lançamento de ordens utilizam alguma forma de controlo do *input*, para alisar o fluxo de ordens através da *shop*. À medida que as ordens são lançadas para a *shop*, os níveis de trabalhos em curso de fabrico aumentam, se a taxa de *input* for superior à de *output*. Os elevados atrasos e o trabalho acumulado conduzem a problemas de gestão do fluxo de trabalho (relembremos e estudo de Wiendahl e Breithaupt (1999)). Estes problemas de fluxo só podem ser corrigidos se se controlar a taxa de *input* de trabalho ou se se aumentar a capacidade da *shop*. O problema de *order release* torna-se assim, essencialmente, o problema de controlar o lançamento de ordens de trabalho para a *shop*. A investigação acerca do *ORR* pretende responder a duas questões básicas: quando é a melhor altura para lançar o trabalho na *shop* e que ordem deverá ser lançada.

#### **3. 3. 2. 1. O papel do *ORR* no sistema de planeamento e controlo da produção**

Na literatura existente, há alguma confusão em relação ao posicionamento do *ORR* no contexto dos sistemas de planeamento e controlo da produção. Há quem considere que o *ORR* faz parte do sistema de controlo e quem defenda que o *ORR* engloba também actividades do sistema de planeamento.

Por exemplo, Melnyk *et al.* (1985) consideram o mecanismo de lançamento uma actividade de controlo do *shop floor*, devendo ser utilizado para gerir a quantidade de trabalho na *shop* em simultâneo com a capacidade disponível. Ao mesmo tempo, consideram a *pre shop pool* um importante componente do mecanismo de *ORR* que faz a ligação entre o sistema de planeamento e o *shop floor*. Finalmente, acabam por concluir que o *ORR* não se enquadra totalmente nem no sistema de planeamento nem no sistema de controlo do *shop floor*. Por outro lado, Melnyk e Ragatz (1989) sustentam que o *ORR* é um componente de um sistema completo de controlo do *shop floor*. Segundo os autores, este sistema de controlo do *shop floor* é constituído pelas seguintes

actividades: i) programação detalhada (processo de gerir as ordens de produção com os recursos da *shop* e estabelecer a prioridade das ordens), ii) recolha e monitorização dos dados (estado das ordens e dos recursos e comparação dos dados recolhidos com padrões pré-determinados para identificar as situações que estão fora de controlo), iii) controlo – *feedback* (actividades necessárias para corrigir as situações que se encontram fora de controlo), e iv) encerramento das ordens (actividades necessárias para “fechar” a ordem na sua conclusão). O mecanismo de lançamento constitui a primeira daquelas actividades, determinando quais as ordens que são lançadas, em que data são lançadas e as condições para o lançamento. A forma como estas decisões são tomadas, influencia todas as actividades e operações seguintes.

Outros autores [Philipoom e Fry (1992) e Bergamaschi *et al.* (1997)] para além do controlo, incluem nas actividades do ORR a decisão de aceitação/rejeição das ordens (que é normalmente incluída nas actividades do sistema de planeamento). Na perspectiva apresentada por aqueles autores, o mecanismo de lançamento é responsável por algumas das actividades de planeamento.

Os procedimentos do mecanismo de lançamento, ao incluírem actividades que fazem parte do sistema de planeamento da produção e do sistema de controlo da produção, podem ser considerados como a ligação entre a estratégia de produção e a gestão do dia-a-dia. De seguida, iremos ver quais são esses procedimentos e que actividades estão na sua base.

### **3. 3. 2. 2. A estrutura do mecanismo de ORR**

A estrutura do mecanismo de controlo do *shop floor*, de acordo com Baker (1984b) e Ragatz e Mabert (1988), possui três pontos essenciais, cada um representado por uma regra de decisão: regra de definição da *due date* (aquando da aceitação da ordem), regra de lançamento da ordem (mecanismo de ORR) e regra de prioridade de execução – *dispatching* (sobre as ordens que já foram lançadas). A regra de definição da *due date* determina a data de entrega de uma nova ordem. Esta regra é utilizada com dois objectivos: por um lado pretende informar ou contratar com o cliente da data de entrega da encomenda e por outro lado fornecer ao sistema de programação uma “data - objectivo” de conclusão da ordem. Posteriormente, as ordens são mantidas numa base

de dados até que a regra de lançamento indique que a ordem deve ser processada. Esta regra serve para controlar o fluxo de trabalho que entra na *shop*. Quando uma máquina/secção fica livre, a regra de prioridade define qual o trabalho, dos que se encontram à espera, irá ser processado de seguida.

### Actividades do ORR

Na literatura encontramos diferentes abordagens no que se refere às actividades que constituem o ORR. Segundo Melnyk e Ragatz (1988), os mecanismos de lançamento na sua forma mais básica englobam três actividades: preparação da ordem, revisão/avaliação das ordens, e nivelamento da carga. A primeira actividade assegura que a ordem lançada pelo sistema de planeamento tem toda a informação requerida pelo *shop floor*. Na revisão e avaliação das ordens procura-se certificar que as ordens são concluídas de uma forma eficiente quer em termos de custo quer de tempo, ao identificar e prevenir o lançamento de ordens que possam gerar problemas em termos de capacidade, de disponibilidade de materiais, etc. A actividade de nivelamento da carga tenta alisar a utilização da capacidade ao longo do tempo ao esbater os picos e vales de carga no *shop floor*, através do controlo da data na qual as ordens são realmente lançadas no *shop floor*. Herrmann (2000) analisa em detalhe o conceito de *order release*, apresentando uma perspectiva histórica, estratégica e tecnológica do conceito.

De acordo com Bechte (1988), um sistema ORR completo, na sua forma mais geral, consiste também em três fases mas com algumas actividades distintas das de Melnyk e Ragatz (1988): entrada da ordem, fase de gestão da *pre shop pool* e fase de lançamento da ordem. Segundo o autor, as ordens de produção (que podem ser geradas a partir de um sistema de planeamento do material ou terem origem directamente nas ordens dos clientes) chegam continuamente ao sistema de produção ao longo do tempo. Mas a chegada de uma ordem não envolve necessariamente o lançamento do *job* para o *shop floor*. As ordens são registadas e incluídas num ficheiro, que normalmente se designa de *pre shop pool*, que separa, de facto, o sistema de planeamento do *shop floor*. Bechte (1988) não considera a actividade de aceitação/rejeição das ordens, pois assume que esta decisão é tomada ao nível de planeamento da produção, portanto numa fase anterior ao mecanismo de lançamento das ordens.

Philipoom e Fry (1992) relaxaram a restrição de que todas as ordens dos clientes têm que ser aceites. Propuseram que a fase de entrada da ordem deveria ser integrada nas decisões a tomar no mecanismo de lançamento, com o objectivo de rejeitar as ordens dos clientes que iriam sobrecarregar a capacidade disponível da *shop*. A análise dos resultados do seu estudo mostra que, rejeitando uma pequena proporção das ordens, o desempenho da *shop* pode ser substancialmente melhorado. Posteriormente, Bergamaschi *et al.* (1997) apresentam as actividades do ORR, posicionando o mecanismo de lançamento no contexto de um sistema de planeamento, programação e controlo global da produção.

Na fase de entrada da ordem, Bergamaschi *et al.* (1997) incluem a actividade de aceitação/rejeição das ordens. O mecanismo de lançamento das ordens apresentado pelos autores, inclui não só o lançamento propriamente dito de uma ordem mas também as fases de entrada da ordem e de gestão da *pre shop pool*.

Combinando as abordagens de Bechte (1988), Melnyk e Ragatz (1988) e Bergamaschi *et al.* (1997), no presente estudo vamos considerar a existência de quatro actividades principais nos mecanismos de ORR:

1. Decisão de aceitação/rejeição de uma ordem, em função de determinado critério (natureza da ordem, estado do *shop floor*, capacidade utilizada, etc.),
2. Preparação da ordem e introdução na *pre shop pool*. Se necessário são desempenhadas actividades de engenharia (definição do *routing*, ...) e é feita a conferência da disponibilidade de materiais, recursos, instrumentos, ferramentas..., portanto de toda a informação necessária pelo *shop floor*,
3. Gestão da *pre shop pool* - revisão e avaliação das ordens. As ordens que chegam da fase de entrada da ordem são colocadas numa fila de uma forma pré-determinada. A maioria dos autores programa as ordens na *pre shop pool* de acordo com um critério de prioridade definido (por exemplo, por ordem crescente da data de entrega), e tendo em atenção as ordens que possam ser problemáticas.
4. Gestão da capacidade através do nivelamento da carga. O mecanismo de lançamento tenta lançar na *shop* somente aqueles trabalhos que precisam de ser

lançados e que têm uma razoável probabilidade de estarem concluídos dentro do prazo e de acordo com os custos previstos.

O factor chave para uma utilização bem sucedida de uma estratégia de ORR é a existência de uma boa técnica para seleccionar as ordens da *pre shop pool* para o *shop floor*.

### Componentes do sistema de controlo

As actividades do sistema de lançamento de ordens devem ser conduzidas tendo em atenção os grandes elementos da estrutura do ORR. De acordo com Melnyk e Ragatz (1989), as funções do mecanismo de ORR são alcançadas através da coordenação dos quatro componentes seguintes: o *pre shop pool* (designado pelos autores de *order release pool*), o *shop floor*, o sistema de planeamento e o sistema de informação. A estes componentes achamos adequado adicionar o componente entrada da ordem (aceitação/rejeição da ordem). Os vários elementos inter-relacionam-se da forma indicada na Figura 3.4. (adaptada de Melnyk e Ragatz (1989) e Tsubone *et al.* (1991) à qual se acrescentou o componente “entrada da ordem”).

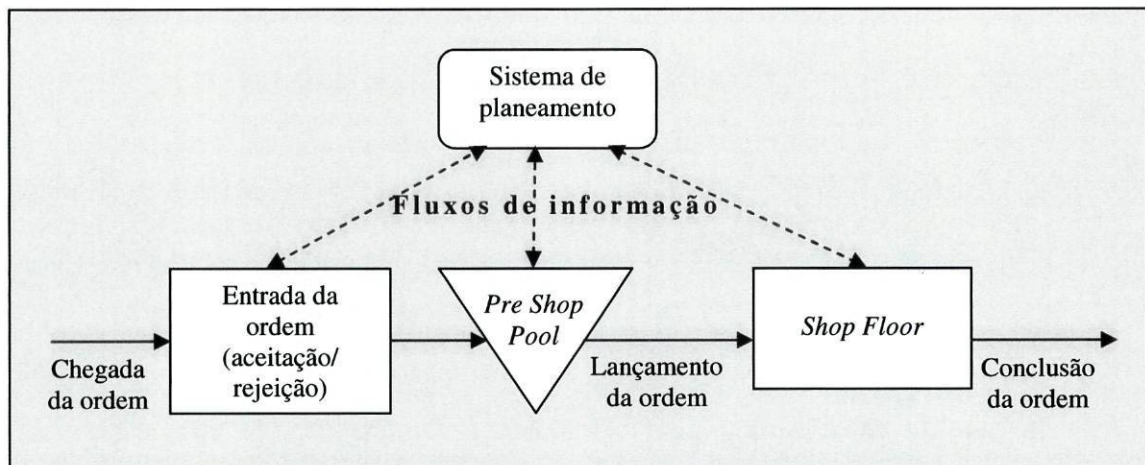


Figura 3.4. Sistema de controlo do *shop floor*

A função da entrada da ordem é filtrar a ordem e, caso seja aceite, definir uma data de entrega. Normalmente, a decisão de aceitação/rejeição da ordem e a definição da data de entrega não é efectuada exclusivamente pela empresa. Existe um período de negociação entre a empresa e o cliente. O cliente efectua o pedido de uma encomenda, submetendo

os termos desejados em relação às especificações do produto, à quantidade, ao preço, à data de entrega, etc..

O Quadro 3.2. sintetiza a informação acerca das componentes do sistema de controlo do *shop floor* e das dimensões mais relevantes em cada uma delas.

Entrada da ordem	Critério de aceitação/ rejeição	Lucro, recursos requeridos, data de entrega, utilização da capacidade, ...
<i>Pre Shop Pool</i>	Convenção temporal	Contínua ou discreta
	Mecanismo de lançamento	Carga existente na <i>pool</i> , carga existente na <i>shop</i> ou faseado no tempo
	Regra de selecção	Local ou global
<i>Shop Floor</i>	Nível de agregação	Carga total da <i>shop</i> , carga por centro ou carga do(s) estrangulamento(s).
	Horizonte temporal	Carga instantânea ou perfil da carga
Sistema de Planeamento	Visibilidade do programa	Limitada ou alargada
	Necessidades de capacidade	Activo ou passivo
Sistema de Informação	Velocidade de transmissão das mudanças	Em tempo real ou desfasada
	Exactidão da informação	Erros / omissão de dados ou informação perfeita e exacta

Quadro 3.2. Componentes do sistema de controlo do *shop floor* e respectivos elementos (adaptado de Melnyk e Ragatz (1989) e Tsubone *et al.* (1991))

A empresa pode utilizar vários critérios para decidir se aceita ou não a encomenda; o critério mais comum é o lucro que essa encomenda proporcionará à empresa. No entanto, aspectos como a data de entrega proposta pelo cliente, os recursos requeridos pela ordem, o nível óptimo de utilização da capacidade e o tipo de cliente (em termos de importância), têm vindo a assumir cada vez mais relevância. Se o pedido do cliente for de encontro aos objectivos da empresa, a ordem é aceite. Caso contrário, existe uma

segunda negociação; se o cliente e a empresa chegarem a acordo, a ordem é aceite, senão, a ordem é rejeitada. Depois de uma ordem ser aceite é devidamente identificada e colocada na *pre shop pool*.

A *pre shop pool* inclui todas as ordens que, tendo sido aceites ainda não foram lançadas no *shop floor*. Este é o elemento do ORR através do qual o mecanismo controla o fluxo de ordens entradas no *shop floor*. Trata-se de uma “área de armazenamento” para as ordens ainda não lançadas. É um indicador da disponibilidade de capacidade: aumentos na dimensão da *pre shop pool* podem indiciar problemas de capacidade no *shop floor*. A *pre shop pool* pode ser decomposta em: ficheiro de ordens aceites e à espera, selecção do *routing* do produto e decisão de espera ou de lançamento.

De acordo com Melnyk e Ragatz (1989), a *pre shop pool* é gerida especificando a convenção temporal, o mecanismo de lançamento (*triggering*) e a regra de selecção.

A convenção temporal determina quando o lançamento de uma ordem pode ocorrer: é contínua quando o lançamento pode ter lugar em qualquer altura; é discreta se o lançamento só pode ocorrer em intervalos periódicos.

O mecanismo de lançamento determina, dentro dos limites impostos pela convenção temporal, o lançamento de uma ou mais ordens. Existem três tipos de “gatilhos”: lançamento baseado na carga existente na *pool*, lançamento baseado na carga existente na *shop* e lançamento faseado no tempo. No primeiro tipo, a decisão acerca de quando o lançamento deve ocorrer é baseada estritamente em informações acerca dos *jobs* na *pool*, e no segundo tipo nas condições actuais do *shop floor*. O lançamento faseado no tempo baseia-se na definição de uma data de lançamento para cada ordem e deixar as ordens entrar na *shop* quando aquela data pré-determinada for atingida, sem ter em atenção a carga da *shop* nessa data.

Tendo sido despoletado o lançamento, deve ser feita a escolha de qual o *job* a lançar. A regra de selecção pode ser local (utiliza-se somente informação acerca dos *jobs* na *pool*) ou global (tem-se em consideração informações dos *jobs* na *pool* e na *shop*).

Após ter sido escolhido, o trabalho a ser processado é lançado para o *shop floor*. Sendo o ORR um procedimento de controlo da capacidade, procura equilibrar a carga lançada

com a capacidade disponível. Para se atingir este balanceamento é necessária informação descrevendo as condições de carga actual e da capacidade utilizada no *shop floor*. A forma como esta informação é apresentada pode variar quanto a dois aspectos: quanto ao nível de agregação da medida da carga de trabalho e quanto ao método de tratar o horizonte temporal na apresentação da carga.

Quando o lançamento da ordem é baseado na carga existente na *pool* ou na carga existente na *shop*, a carga de trabalho pode ser definida a vários níveis de agregação: carga total da *shop* (não existe indicação da forma como a carga está distribuída pelos diferentes centros de trabalho), carga por centro de trabalho e carga do(s) centro(s) de trabalho de estrangulamento<sup>3</sup>.

Quando o mecanismo de lançamento é faseado no tempo com base nos *jobs* que se encontram na *pre shop pool*, o conceito de apresentação da carga ao longo do tempo está ausente. Se a empresa utilizar a carga total da *shop* como medida de agregação é relativamente fácil identificar até que ponto e quando é que a quantidade de trabalho irá afectar a *shop*. No entanto, se a carga é determinada por centro de trabalho (ou para um centro específico, por exemplo de estrangulamento), o montante de trabalho que se espera afectar um determinado centro num certo período pode ser decomposto em: *load on hand* (montante de trabalho à espera em cada centro de trabalho), *load in transit* (montante de trabalho que irá afectar o centro de trabalho em questão devido a *jobs* que se encontram localizados em centros anteriores) e *released load* (carga de trabalho que irá resultar das ordens que serão lançadas a partir da *pre shop pool*) [Bechte (1988)].

Em processos produtivos *job shop* é muito difícil contabilizar a carga ao longo do tempo. Têm sido apresentados três métodos básicos de tratar o tempo na determinação da carga: atemporal (não existe informação acerca da forma como a carga é distribuída ao longo do tempo), períodos de tempo (o horizonte temporal é dividido em períodos de tempo) e probabilística (atribui-se uma probabilidade de cada *job* chegar a determinado centro de trabalho).

---

<sup>3</sup> Quando determinada máquina ou secção possui uma capacidade de processamento menor que as outras secções diz-se que está a estrangular a produção e, portanto, constitui um centro de trabalho de estrangulamento.

Quanto ao horizonte temporal, existem dois métodos básicos: carga instantânea (utiliza-se uma informação instantânea da carga da *shop* num determinado momento) e perfil da carga (a carga é apresentada em termos de montante de carga por período de tempo, num determinado horizonte temporal).

Existe uma ligação entre o sistema de planeamento e o mecanismo de ORR, personalizada pelo fluxo de ordens, que gera um programa de lançamento das ordens planeadas. Este programa identifica todas as ordens que são consideradas amadurecidas pelo sistema de planeamento e, logo, prontas para serem lançadas no *shop floor* e, portanto, as necessidades previstas de utilização de capacidade em cada período de planeamento futuro.

A eficácia do mecanismo de ORR em si, está dependente do montante de informação dado na fase de lançamento da ordem acerca das ordens planeadas, isto é, depende da visibilidade do programa. A visibilidade pode ser limitada (não se tem em atenção os períodos seguintes ou o horizonte temporal como um todo) ou alargada (o lançamento das ordens pode ser orientado de forma a atingir uma optimização mais geral do desempenho da *shop* num horizonte temporal maior do que um período). Outro aspecto importante na utilização do programa de lançamento de ordens é o que diz respeito à extensão para a qual o sistema de planeamento geriu as necessidades de capacidade. O planeamento da capacidade pode ser activo (quando o modelo ORR ajusta a capacidade da máquina durante a operação do sistema) ou passivo (assume-se que a capacidade é dada e fora do controlo da estratégia de ORR).

O sistema de informação efectua a ligação entre os vários componentes da estrutura de controlo do *shop floor*. Existem duas medidas que reflectem a qualidade da informação e que podem ter impacto no ORR: a velocidade de transmissão das mudanças que ocorram no sistema de planeamento na *pre shop pool* ou no *shop floor* e a exactidão da informação.

### 3. 3. 3. Classificação dos mecanismos de ORR

De forma a estruturar a discussão acerca dos mecanismos de lançamento, diversos autores propõem uma classificação dos mecanismos em várias categorias. A classificação mais geral é a apresentada por Ragatz e Mabert (1988). Os autores apresentam os mecanismos de lançamento em três categorias, representando três níveis de sofisticação: técnicas “*naive*” (não utilizam nenhum tipo de informação acerca dos *jobs* ou da carga de trabalho actual na *shop*), métodos que consideram determinados factores de planeamento (têm em atenção informações relativas às características dos *jobs* – data de entrega prometida, número de operações do *job*, etc.) e regras de carga finita (estes métodos procuram atribuir/carregar os *jobs* à capacidade disponível dos centros de trabalho ao longo do tempo).

Consideramos, no entanto, que a classificação apresentada por Wisner (1995) se adequa mais ao tipo de investigação em curso. Wisner (1995) indica que as políticas de lançamento de ordens podem ser classificadas em duas grandes classes: técnicas de carga limitada (*finite loading policies*) e técnicas de carga infinita (*infinite loading policies*). No primeiro tipo de técnicas, as ordens são lançadas sempre que as cargas das máquinas ou da *shop* são inferiores aos níveis de carga desejados. Nas técnicas de carga infinita, as ordens são lançadas numa data de lançamento pré determinada, sem ter em atenção a carga actual da *shop* ou da máquina.

As políticas de carga infinita podem ser de dois tipos: *forward infinite loading* (técnica de carga infinita, sendo o lançamento iniciado tendo em atenção a primeira operação dos *jobs*) ou *backward infinite loading* (técnica de carga infinita com a data de lançamento calculada a partir da última operação). A política de *forward infinite loading* normalmente refere-se ao lançamento imediato da ordem, assim que ela entra na *pre shop pool* (*immediate release* - IMR). Uma variante desta técnica é o lançamento periódico efectuado, por exemplo, no início de cada turno (*interval release* - IR). O *backward infinite loading* - BIL tem diversas variantes mas todas consistem em deduzir à data de entrega da ordem, um múltiplo do tempo esperado de processamento ou tempo de fila, de forma a determinar a data de lançamento. Se a data de lançamento corresponder à data actual ou já tiver ocorrido, o *job* é imediatamente lançado na *shop*

sem ter em consideração a carga actual da *shop*. Se ainda não tiver chegado a data de lançamento, o *job* permanece na fila de pré lançamento até àquela data.

Nas políticas de carga finita, existem duas técnicas: *forward finite loading* (técnica de carga finita começando pela primeira operação) e *backward finite loading* (técnica de carga finita começando pela última operação). A técnica *forward finite loading* – FFL afecta todas as operações do *job* de acordo com a capacidade disponível, começando pela primeira operação. A data de lançamento é tipicamente calculada utilizando um dos seguintes critérios: quando a primeira máquina estiver sub carregada, sempre que a carga da *shop* seja inferior à carga desejada, sempre que um *job* esteja terminado, etc.. O método *backward finite loading* – BFL, opera na direcção oposta do FFL. Cada operação é definida de acordo com a capacidade disponível, começando pela última operação do *job* e “andando para trás” a partir da data de entrega.

Uma classificação mais completa é a apresentada por Sabuncuoglu e Karapinar (1999). Os autores analisam os mecanismos de ORR, classificando-os em quatro categorias: mecanismos de ORR que não utilizam qualquer tipo de informação acerca do estado da *shop* nem das características dos *jobs* a serem lançados; mecanismos de lançamento limitado na carga (os *jobs* são lançados de acordo com a actual carga de trabalho na *shop*, não utilizando informação acerca da data de entrega); mecanismos baseados em datas de lançamento (lançamento dos *jobs* em datas pré determinadas calculadas em função do tempo de fluxo estimado) e mecanismos de lançamento que consideram o nível de carga na *shop* e as datas de entrega dos *jobs*.

Na primeira categoria podemos incluir o lançamento imediato (IMR) e o lançamento periódico (IR) referido por Wisner (1995).

No segundo grupo de mecanismos de ORR, estes podem ser de dois tipos: lançamento com base na carga agregada – *aggregate loading* - AGG (as decisões de lançamento são baseadas numa medida agregada tal como a carga de trabalho total – número de horas de trabalho - ou o número de *jobs* no *shop floor*) e lançamento com base na carga de determinado(s) centro(s) de trabalho - *workcenter information based loading* – WIBL (considera-se, por exemplo, as cargas de trabalho dos centros por onde o *job* tem se passar). Estes dois mecanismos podem ser considerados de forma contínua ou periódica.

Na terceira categoria temos os mecanismos baseados em datas de lançamento. Estes incluem informação acerca da utilização da capacidade de longo prazo e das datas de entrega dos *jobs*. Se o mecanismo considera a carga infinita, estamos perante a técnica *backward infinite loading* (BIL) indicada por Wisner (1995). Quando a carga é finita, o mecanismo de lançamento considera a capacidade disponível da *shop* ao longo do horizonte temporal de planeamento e tenta combinar as necessidades de capacidade com as disponibilidades, em cada centro de trabalho. Nesta técnica podemos incluir o *forward finite loading* (FFL) e o *backward finite loading* (BFL) descritos por Wisner (1995). Por fim, existem os mecanismos que pretendem controlar o nível de carga de trabalho na *shop* e fornecer simultaneamente entregas atempadas: são extensões do mecanismo de lançamento de carga limitada com considerações adicionais acerca das datas de entrega dos *jobs*.

### **3. 3. 4. Classificação da literatura existente**

Quanto ao problema de lançamento de ordens (e uma vez que parte do actual estudo passa pela decisão de lançamento), importa ainda efectuar um levantamento dos mecanismos que têm vindo a ser propostos na literatura.

Bergamaschi *et al.* (1997) categorizam os estudos existentes sob oito dimensões:

- mecanismo de lançamento de ordens,
- convenção temporal,
- medida da carga de trabalho,
- nível de agregação da medida da carga de trabalho,
- contabilização da carga de trabalho ao longo do tempo,
- controlo da carga de trabalho,
- planeamento da capacidade e
- visibilidade do programa.

É uma forma bastante interessante de analisar os estudos existentes no que diz respeito aos mecanismos de lançamento, pois permite detectar claramente as principais diferenças entre as várias técnicas de lançamento propostas na literatura e apresentar indicações de pesquisa futura no desenvolvimento de políticas de lançamento alternativas.

Combinando as abordagens apresentadas nos estudos de Wisner (1995) e de Nandi (2000), na presente investigação vamos classificar a literatura existente em quatro categorias:

- A) Estudos descritivos ou empíricos: artigos de discussão geral, estudo de casos, investigação recorrendo a inquéritos e perspectivas do ORR.
- B) Investigação analítica ou de optimização: modelos matemáticos.
- C) Investigação baseada em simulações de *job shops*: artigos que estudam as interacções existentes entre as políticas de lançamento e diferentes regras de *dispatch*, ou vários métodos de definição da *due date* ou ainda dos três em simultâneo. Podemos ainda encontrar estudos que versam sobre a interacção entre as políticas de lançamento e o sistema de planeamento da carga, ou diferentes níveis de utilização da *shop*. Neste ponto ainda incluímos as técnicas de lançamento desenvolvidas recorrendo ao controlo da carga de trabalho na secção de estrangulamento, ao controlo do processo de chegada ou ao controlo do *output*.
- D) O mecanismo de lançamento entendido como um passo para alcançar o *just-in-time*.

A) Discussão geral, investigação recorrendo a inquéritos e perspectivas do ORR

Os artigos que se incluem nesta categoria, descrevem a utilização dos mecanismos de lançamento, suas vantagens e limitações; efectuem resumos da literatura existente ou emitem algum parecer acerca do ORR com base em estudos de casos ou em inquéritos. Wight (1970) e Plossl e Wight (1973) são dos primeiros autores a focar a questão geral do controlo da entrada dos *jobs*. Melnyk e Ragatz (1988, 1989), Melnyk *et al.* (1994b) e Bergamachi *et al.* (1997) descrevem detalhadamente a estrutura dos mecanismos de lançamento das ordens no *shop floor*. Wisner (1995) e mais recentemente Bergamachi *et al.* (1997) e Sabuncuoglu e Karapinar (1999) apresentam uma classificação da investigação existente até à data, relacionada com as técnicas de lançamento ORR.

Bechte (1988) desenvolveu um sistema de controlo da produção orientado para a carga. O mecanismo define as datas de entrega e efectua o planeamento da capacidade de

médio prazo. O autor implementou o sistema numa empresa (fábrica de folhas de plástico), tendo como resultado melhores *lead times* e também diminuição do nível de *stocks* de produtos. Posteriormente, Bechte (1994) apresenta outra técnica de lançamento de ordens, implementando-a numa empresa produtora de motores. Melnyk *et al.* (1986) efectuaram um inquérito telefónico a várias empresas, com o objectivo de determinar as causas da falta de aceitação junto dos profissionais, das conclusões obtidas pelos estudos teóricos. As empresas argumentam que a maior parte da investigação (até àquela data) concentrava-se nas regras de *dispatching*, ignorando o sistema de planeamento e outras actividades importantes do *shop floor* (por exemplo, os mecanismos de lançamento, o sistema de recolha de informação e *feedback*, disposição das ordens, etc.)

#### B) Investigação analítica ou de optimização: modelos matemáticos

Existem vários estudos que utilizam técnicas analíticas ou de optimização para determinar, por exemplo, as datas de lançamento das ordens de forma a atingir um objectivo definido. Nicholson e Pullen (1971), Irastorza e Deane (1974), Onur e Fabrycky (1987), Enns (1995), Raman (1995), ElHafsi (2000), Arslan *et al.* (2001), Bukchin *et al.* (2002), van Donselaar e Gubbels (2002) e He *et al.* (2002) são alguns dos estudos mais relevantes e mais recentes que desenvolveram algoritmos e sistemas de controlo da produção recorrendo a técnicas matemáticas. A principal limitação dos estudos que procuram encontrar a solução óptima para uma circunstância particular, é que o tempo de obtenção da solução (computacional) cresce exponencialmente com a dimensão ou a complexidade do problema. Outra das “fraquezas” destas técnicas é que assumem condições da *shop* e dos *jobs* em determinado momento, que na realidade são dinâmicas, o que torna as técnicas analíticas menos indicadas para aplicações a casos reais.

#### C) Investigação baseada em simulações de *job shops*

Os estudos que se incluem neste ponto utilizam a simulação como forma de analisarem o desempenho das regras ou técnicas apresentadas. A maior parte dos estudos de simulação utilizam modelos hipotéticos para caracterizar o *job shop*. Bobrowski e Park (1989), Fredendall *et al.* (1996), Cigolini *et al.* (1998) e Yucesan e Groote (2000), são

algumas das investigações efectuadas a mecanismos de lançamento ou de controlo de entrada das ordens que utilizam *job shops* hipotéticas. Outros autores utilizam situações reais (configurações de *job shop* existente em determinada empresa), é o caso de Browne e Davies (1984) e Shimoyashiro *et al.* (1984).

Na literatura existente acerca dos mecanismos de lançamento, o mais comum é estudar as interacções entre o *order release* e outras actividades do *shop floor*, por exemplo as políticas de *dispatching*, as regras de definição da *due date*, as políticas de planeamento da carga, etc. Por serem em grande número, os estudos que envolvem a ligação entre políticas de lançamento e outras decisões do *shop floor* vão ser divididos em oito classes: interacção entre as políticas de lançamento e *dispatch*, interacção entre as políticas de lançamento e *due date*, interacção entre as políticas de lançamento e o planeamento da carga, interacções entre as políticas de lançamento e diferentes níveis de utilização da *shop*, interacções entre as políticas de lançamento e *dispatch* e *due date*, lançamentos recorrendo ao controlo da carga de trabalho, lançamentos recorrendo ao controlo do processo de chegada e lançamentos através do controlo do *output*.

A interacção entre as políticas de lançamento e *dispatch* tem sido objecto de grande controvérsia na literatura, sendo muitas vezes vistas como desempenhando a mesma função (controlar o fluxo de ordens através da *shop*). Daí que existam vários artigos que comparam o impacto destas duas variáveis no desempenho da *shop*. Podem ser indicados alguns desses estudos: Irastorza e Deane (1974), Adam e Surkis (1977), Browne e Davies (1984), Shimoyashiro *et al.* (1984), Melnyk *et al.* (1994b), Newman e Maffei (1999).

Tem sido argumentado que as políticas de definição da *due date* têm um impacto no desempenho dos mecanismos de lançamento. Em geral, os estudos existentes revelam interacções significativas entre as técnicas de lançamento e as regras de determinação da data de entrega prometida. Existem vários autores que analisam o impacto conjunto destas duas decisões no desempenho do *job shop*, como Bertrand (1983a, 1983b), Bobrowski e Park (1989), Melnyk e Ragatz (1989) e Tsai *et al.* (1997).

Para além da análise das interacções entre as políticas de lançamento e da *due date*, vários estudos incidem sobre o estudo das interacções entre as políticas de lançamento,

os mecanismos de definição da *due date* e as regras de *dispatching*. São as três decisões a tomar no *shop floor*, que são mais referidas na literatura. Diversos estudos tentam investigar o impacto existente entre estas três actividades, como é o caso de Baker (1984b), Ragatz e Mabert (1988), Ahmed e Fisher (1992) e Sabuncuoglu e Karapinar (2000).

A interacção entre as políticas de lançamento e o sistema de planeamento da carga, é uma área de investigação ainda pouco desenvolvida, conforme referem Melnyk e Ragatz (1989) (até àquela data, somente um estudo havia investigado a interacção entre o *order release* e o planeamento da carga – O’Grady e Azoza (1987)). Posteriormente podemos referir os artigos de Melnyk *et al.* (1991), Land e Gaalman (1998) e de Kingsman (2000).

No que se refere à investigação que versa sobre a interacção entre as políticas de lançamento e diferentes níveis de utilização da *shop*, é de realçar os trabalhos de Baker (1984b), Scudder e Hoffmann (1989) e Lawrence (1991).

Em estudos mais recentes têm sido analisados e propostos alguns mecanismos de lançamento, recorrendo ao controlo da carga de trabalho na secção de estrangulamento. Melnyk e Ragatz (1989), Roderick *et al.* (1992), Philipoom *et al.* (1993) e Russell e Fry (1997) são alguns dos estudos que consideram o lançamento das ordens examinando as condições da secção ou máquinas que constituem o estrangulamento do sistema.

Na literatura existente acerca dos mecanismos de lançamento, podemos encontrar vários estudos onde o próprio processo de chegada é controlado, ao se decidir se uma nova ordem é aceite ou não. É o caso de Karmarkar *et al.* (1985), Philipoom e Fry (1992), Wester *et al.* (1992), Melnyk *et al.* (1994a), Wouters (1997), Enns (2000) e Enns e Costa (2002). Nalguns destes estudos, o sistema de produção é representado através de um sistema de filas de espera. De facto, estes modelos são globalmente reconhecidos como úteis na compreensão e controlo dos problemas de congestionamento característicos dos *job shops*.

Os objectivos de controlo da carga de trabalho e de controlo dos tempos de fluxo podem ser alcançados através do controlo do *output*, ao mesmo tempo que se controla o *input*.

Hendry e Kingsman (1991b) implementaram um sistema de controlo no qual o *input*, em termos de ordens lançadas no *shop floor*, e o *output*, em termos de capacidade, são controlados simultaneamente. Outros estudos têm em consideração para além das ordens a lançar, a capacidade a afectar ao *shop floor*, como é o caso de Onur e Fabrycky (1987), Hendry e Wong (1994), Lingayat *et al.* (1995), Hendry *et al.* (1998) e Kingsman e Hendry (2002).

D) O mecanismo de lançamento entendido como um passo para alcançar o *just-in-time*

Alguns estudos consideram a adopção de mecanismos de lançamento como um passo em direcção ao desenvolvimento do sistema *just-in-time* em empresas com um processo produtivo do tipo *job shop*. Spearman *et al.* (1990) e Spearman e Zazanis (1992) propuseram um sistema híbrido *push/pull*. Este sistema iria permitir manter constante o montante de trabalho em curso. Lingayat *et al.* (1991) mostram que as políticas de lançamento de ordens fornecem um método simples de implementação de um sistema próximo do *pull* (puxar) utilizado no JIT, ao controlar o fluxo de materiais no *shop floor*. A característica dos mecanismos de lançamento “manter as ordens na forma de matérias primas até que sejam necessárias por alguma máquina no *shop floor*”, é uma característica semelhante ao sistema JIT. A única diferença é que os lançamentos são controlados somente na fase de matérias primas.

### **3. 3. 5. O controlo dos lançamentos – benefícios e críticas. Paradoxo em relação aos lançamentos**

As decisões de lançamento são de importância fundamental nos *job shops* por dois grandes motivos: o referente a lançamentos adiantados (congestionamento do *shop floor*, possibilidade de danos ou obsolescência, maiores custos de detenção de *stocks*, ocupação de espaço de armazenagem, interferência com *jobs* urgentes,...) e o relacionado com lançamentos atrasados (incumprimento das datas de entrega, perda de imagem, custos contratuais, recursos inactivos, capacidade não utilizada, aumento dos *lead times*, ...). Apesar disso, em vários estudos, os *jobs* que chegam são imediatamente lançados no *shop floor* sem ter em atenção qualquer informação acerca da carga do *shop floor* ou das características dos *jobs*.

Existem várias razões para não lançar os *jobs* assim que chegam. Uma razão prática tem a ver com o facto de que as principais decisões de produção são efectuadas periodicamente (no fim de cada turno, diariamente, semanalmente, etc.). Outra razão é para tentar que o *output* se assemelhe o mais possível com a procura corrente. Podemos, ainda, indicar outra razão que se prende com o facto de que com o lançamento controlado, o desempenho do sistema é menos afectado com possíveis alterações nas ordens dos clientes.

Vários autores [Wight (1970), Nicholson e Pullen (1971), Irastorza e Deane (1974), Ragatz e Mabert (1988), Hendry e Kingsman (1991b), Philipoom e Fry (1992)] apontam a existência de um número elevado de benefícios associados à utilização de mecanismos de controlo dos lançamentos, nomeadamente:

- os mecanismos de lançamento permitem controlar os níveis de trabalho em curso de fabrico, ao deslocar as filas de *jobs* do *shop floor* para a *pre shop pool*,
- o sistema possui uma flexibilidade maior no que respeita ao cancelamento ou alteração das ordens dos clientes, com a conseqüente diminuição de desperdício de recursos,
- o controlo dos lançamentos permite reduzir o congestionamento no *shop floor* (e conseqüentemente diminuir a possibilidade de danificação e aumentar a facilidade de deslocação dos *jobs*, de execução das tarefas de expedição e de *dispatching*),
- o ORR funciona como um filtro de entrada das ordens, uma vez que uma ordem não é lançada enquanto não estiver disponível toda a informação acerca da ordem e dos recursos de que necessita,
- as técnicas de lançamento permitem tratar de uma forma relativamente fácil as ordens urgentes, pois pode ser estabelecido um critério de prioridade ainda na *pre shop pool*,
- o controlo dos lançamentos permite deter um indicador da capacidade disponível: aumentos na dimensão da *pre shop pool* podem indiciar problemas de capacidade no *shop floor*,

- a colocação das ordens numa *pre shop pool*, evita a imobilização de capital e de recursos em ordens que não têm ainda necessidade de serem processadas e eventualmente deveriam ser utilizados em ordens mais urgentes.

Apesar do controlo dos lançamentos ser um instrumento decisivo na resolução da maior parte dos problemas de gestão do *shop floor*, os mecanismos ORR não são isentos de críticas. A maior crítica contra a utilização de mecanismos de controlo dos lançamentos tem a ver com o aumento do tempo total de permanência de um *job* no sistema. A colocação das ordens numa *pre shop pool* reduz certamente o tempo que um *job* permanece no *shop floor*, mas vários autores [Bertrand (1983a, 1983b), Kanet (1988), Melnyk e Ragatz (1988), Melnyk e Ragatz (1989), Melnyk *et al.* (1994b)], mostraram que o tempo total que um *job* demora, desde que é aceite a ordem até à sua entrega é maior quando existe um controlo nos lançamentos.

O estudo efectuado por Baker (1984a) defende que, apesar do controlo dos lançamentos poder simplificar o fluxo de trabalho no *shop floor* e facilitar a programação das ordens, pode tornar essa programação menos eficiente. Qualquer mecanismo que restrinja o conjunto dos *jobs* disponíveis para processamento, irá limitar o número de opções disponíveis, e conseqüentemente eliminar soluções de programação.

Vários estudos demonstram a existência de benefícios aquando da utilização de mecanismos de controlo dos lançamentos; no entanto, os sistemas ORR parecem apresentar um paradoxo de investigação. Melnyk *et al.* (1994b) foram os primeiros a referir explicitamente este paradoxo e a estudá-lo. À partida, deveria ser melhor controlar os lançamentos de acordo com determinado critério do que lançar os *jobs* assim que eles chegam. Mas diversos estudos mostram que, com a utilização de mecanismos de lançamento, o tempo total de permanência do *job* no sistema pode não ser menor, apesar de algumas medidas de desempenho (tais como, nível de trabalho em curso, tempo de espera na fila, número de entregas atempadas, atraso médio) poderem ter melhorias.

O possível aumento do tempo total no sistema deve-se ao facto de o mecanismo de lançamento deslocar parte do tempo total na fila da *shop* para a *pre shop pool*. Mas o aumento do tempo na *pool* é maior que as possíveis reduções no tempo de espera na fila

resultante do menor congestionamento no *shop floor*. Consequentemente, o tempo total no sistema aumenta quando os lançamentos são controlados. Limitar o lançamento dos *jobs*, pode levar à possibilidade de desocupação (paragem) das máquinas, perdendo capacidade de produção tão “valiosa” nos *job shops*. Além disso, em alguns estudos, a estratégia mais eficiente para otimizar as medidas de desempenho relacionadas com a *due date* é lançar os *jobs* no *shop floor* de imediato. Trata-se de um paradoxo porque estas conclusões são contrárias ao que se espera de um ORR – aliás, na prática, a maioria das empresas utiliza técnicas de lançamento para programarem as ordens.

Apesar de diversos estudos terem tentado resolver este paradoxo (por exemplo Melnyk e Ragatz (1989) e Melnyk *et al.* (1991)), não existe uma explicação adequada para as diferenças encontradas entre os estudos teóricos e a utilização prática, ou seja para as diferentes conclusões existentes entre os investigadores e os profissionais das empresas.

Sabuncuoglu e Karapinar (1999) tentaram explicar este paradoxo, e mostraram que se o congestionamento da *shop* for devidamente modelizado (considerando, por exemplo, um sistema de movimentação e manuseamento de materiais, assumindo uma capacidade limitada de *jobs* à espera no *shop floor*, pressupondo uma possibilidade de dano e de necessidade de re-produção devido a manuseamento extras), os potenciais benefícios dos mecanismos de lançamento que são frequentemente observados na prática, podem também ser percebidos em termos teóricos. A consideração, no *shop floor*, de um sistema de manuseamento de materiais e de capacidade de fila limitada afecta o desempenho do sistema. Os autores chegam à conclusão que os lançamentos controlados melhoram o tempo médio de fluxo total, porque observam uma curva em forma de U na medida associada ao tempo médio de fluxo. Nos estudos anteriores, a curva do tempo médio de fluxo era sempre decrescente, e consequentemente, limitar o número de *jobs* a entrar no *shop floor*, iria afectar negativamente o tempo médio de fluxo.

Uma vez que a maioria dos estudos mostra que a introdução de um mecanismo de controlo dos lançamentos não reduz o tempo total de espera de um *job* no sistema, poder-se-á considerar a alternativa de tentar controlar o fluxo de entrada de ordens, do sistema de planeamento para a *pre shop pool*, no sentido de reduzir o tempo gasto na *pool*. É o problema do dimensionamento da *pre shop pool*, que praticamente não tem

sido objecto de investigação, sendo admitido nos estudos existentes que esta está pré determinada.

Esta conclusão revela mais uma motivação para este estudo. O sucesso da utilização de um mecanismo de lançamento poderá estar condicionado à adopção de um sistema de planeamento da capacidade eficiente. Neste caso, e como sugerem Melnyk e Ragatz (1989), uma das principais funções do mecanismo de lançamento de ordens será o de actuar como um barómetro das condições de capacidade no *shop floor*.

De facto, aumentos no número de *jobs* mantidos na *pre shop pool* (ou do tempo de permanência dos *jobs* na *pool*) deve transmitir ao sistema de planeamento a necessidade de alguma forma de ajustamento da capacidade. Este ajustamento pode ser conseguido através de aumentos no nível de capacidade (recorrendo a horas extraordinárias ou à utilização do segundo turno, subcontratação, aquisição de novos equipamentos, etc.) ou diminuições no montante de carga lançado pelo sistema de planeamento para a *pre shop pool*. Inversamente, alterações descendentes na dimensão da *pre shop pool* pode indiciar a possibilidade de a capacidade disponível não vir a ser totalmente utilizada. O sistema de planeamento deve responder lançando mais *jobs* na *pre shop pool*, para esse período. Melnyk e Ragatz (1989) chegam mesmo a indicar a necessidade de mais investigação, focada na utilização de mecanismos de lançamento como parte de um sistema *closed loop*.

A análise cuidada das características particulares dos processos produtivos *job shop*, o apuramento das soluções que têm vindo a ser propostas desde há algumas décadas para lidar com aquelas especificidades, o aprofundamento e detalhe das actividades e decisões-chave a tomar no interior da empresa de forma a aumentar o seu desempenho, conduziram-nos à definição de um esquema conceptual de planeamento e controlo, onde pretendemos testar algumas regras de decisão já estudadas e outras novas e analisar as suas interacções. Os mecanismos de decisão desenvolvidos nesta tese dizem respeito à decisão de aceitação/rejeição e à decisão de lançamento de *jobs* da *pre shop pool*.

A regra de aceitação/rejeição, que designamos de NEDE – NEgociação da Data de Entrega, é construída de forma a que seja permitida a aceitação de ordens de encomenda

mesmo que a quantidade de trabalho na empresa ultrapasse um determinado limite imposto internamente. Os principais objectivos da regra são: por um lado, controlar o *input* de trabalho na empresa tendo em atenção o número de ordens de encomenda rejeitadas e, por outro, permitir a aceitação de uma encomenda quando o limite é excedido em muito pouco. É óbvio que a entrada de mais ordens poderá conduzir a um maior congestionamento do *shop floor*. Mas, se acompanhada por uma adequada negociação da *due date*, o resultado global (em termos de desempenho) poderá ser positivo.

O mecanismo de lançamento proposto – CIOP, Controlo *Input Output* Proposto – pretende controlar em simultâneo a quantidade de ordens lançadas para o *shop floor* (*input*), e a quantidade de ordens produzidas, em termos de capacidade de produção da *shop* (*output*). O lançamento de uma ordem de encomenda já aceite para o *shop floor* ocorre sempre que chegue a data de lançamento mais tarde de uma ordem ou quando a quantidade de trabalho existente na fila de qualquer uma das máquinas seja de zero. Como o objecto de estudo é o processo produtivo *job shop*, na metodologia proposta achou-se conveniente introduzir um critério que evitasse a desocupação prolongada do equipamento (sendo, obviamente, ocupadas com as ordens já aceites e, destas, as que têm a data de entrega mais próxima). O controlo do *output* é efectuado simultaneamente, apurando-se, em cada dia, a quantidade de trabalho correspondente aos *jobs* que estão na *pre shop pool* (portanto, as ordens que, tendo sido aceites, ainda não iniciaram o processamento). A dimensão da *pre shop pool* é tomada como um indicador da necessidade de mais capacidade futura no *shop floor*.

Para além do desenvolvimento destes novos mecanismos e da sua investigação empírica, no próximo capítulo é definido o modelo de decisão e de simulação, e todas as condições experimentais neles envolvidas.

## Capítulo 4

### O Modelo

Nos capítulos anteriores foram revistos os trabalhos existentes acerca da implementação do sistema de produção JIT em empresas *job shop*, foi apresentado um sistema integrado de planeamento e controlo da produção e foram sintetizados os estudos existentes acerca dos mecanismos de lançamento das encomendas. O objectivo principal deste estudo constitui o desenvolvimento de uma regra de aceitação/rejeição de encomendas e de um método de lançamento de ordens que permita à empresa terminar as encomendas o mais próximo possível da sua data de entrega, portanto, *just-in-time*.

Neste capítulo é discutida a metodologia adoptada e são identificadas as tarefas que irão ajudar a concretizar os objectivos desta investigação. Numa primeira secção, é apresentada a metodologia experimental, onde são descritas as várias técnicas experimentais (características e limitações) que podem ser utilizadas para avaliar (e resolver) alguns dos problemas relacionados com o sistema de produção. Depois de se justificar a opção pela simulação como metodologia experimental, são descritas as fases requeridas nos estudos que a utilizam. Posteriormente, são apresentadas as condições do modelo experimental: o sistema de produção hipotético, o processo de procura do cliente, as regras de *dispatching* e os principais pressupostos.

## **4. 1. Metodologia experimental**

### **4. 1. 1. – Técnicas utilizadas para a avaliação dos sistemas de produção**

Existem três grandes metodologias de investigação e avaliação dos sistemas de produção: a experimentação real (directa), os modelos analíticos e a simulação.

As investigações que utilizam a experimentação directa são efectuadas no sistema real, em empresas já existentes, onde se pretende saber, por exemplo, qual o impacto que a alteração das regras de produção tem no desempenho do sistema.

Nos modelos analíticos a realidade é representada através de um conjunto de expressões matemáticas, a partir das quais se procura encontrar a solução para o problema. Os modelos analíticos representativos do tipo de problema em estudo nesta tese fornecem, geralmente, uma solução óptima.

Na simulação procura-se imitar o funcionamento de um sistema real. Com estes modelos pretende-se realizar experimentações baseadas na utilização de computadores, com o objectivo de descrever, explicar e prever o comportamento do sistema real, de forma a retirar conclusões que possam ser aplicadas à realidade. Segundo Pereira (1998), um modelo de simulação é um conjunto de funções matemáticas, distribuições probabilísticas e regras de decisão que replicam a forma como um sistema se comporta sob certas condições específicas. O modelo de simulação é, assim, descritivo, distinguindo-se dos modelos analíticos utilizados no estudo do problema em causa.

A simulação tem sido bastante utilizada pelos investigadores, principalmente devido ao grau de realismo que pode ser incluído nos modelos e à facilidade com que é possível explicar estes modelos aos profissionais (o que é importante no caso de estudos direccionados para as empresas). Em comparação com os modelos analíticos (por exemplo, a teoria das filas de espera ou as cadeias de Markov), os modelos de simulação não requerem tantos pressupostos. Ainda, as relações lógicas e matemáticas associadas aos modelos de simulação são mais perceptíveis e flexíveis. No entanto, a simulação pode ser menos eficiente: não existe a garantia de obtenção da solução óptima mas somente a identificação da melhor de entre as soluções ensaiadas. Os modelos analíticos têm ainda as vantagens de serem mais concisos na descrição do

problema e de avaliarem mais facilmente o impacto de alterações de certas medidas. Daí que alguns autores [Pidd (1992), Tavares *et al.* (1996)], admitam que a simulação deverá ser vista como o último recurso, sendo utilizada quando as outras alternativas forem inviáveis ou indesejáveis. De qualquer modo, existem diversas vantagens na utilização da simulação, e pode muitas vezes ser a única forma de tratar alguns problemas.

Em relação à experimentação directa a simulação tem as seguintes vantagens:

- custo - apesar dos modelos de simulação poderem ser demorados na sua fase de concepção e desenvolvimento, as experimentações reais podem sair muito caras, especialmente se alguma coisa correr mal.
- tempo - apesar de poder ser demorado produzir um programa para efectuar uma simulação, depois de estar pronto, é fácil e rápido de simular qualquer unidade temporal - o que na vida real demoraria dias, semanas, meses ou anos, pode ser simulado em segundos de tempo de computação.
- reprodução/réplica - raramente no sistema real se podem efectuar reproduções das mesmas experiências. As simulações são perfeitamente possíveis de repetir.
- segurança - um dos objectivos da simulação pode ser estimar o efeito da adopção de condições extremas, o que no sistema real pode não ser possível ou até não ser legal.

Relativamente aos modelos analíticos a simulação tem, desde logo, a vantagem de conseguir lidar satisfatoriamente com efeitos transientes e dinâmicos, e de não requerer tantas hipóteses simplificativas. A influência de factores aleatórios no funcionamento dos sistemas inviabiliza, por vezes, a modelação analítica, enquanto que a simulação permite acomodar com alguma facilidade a aleatoriedade. Devido à natureza dinâmica e imprecisa de muitos dos problemas decisórios, a formalização analítica pode ser impossível, restando a simulação como forma de avaliar determinadas medidas de desempenho em certas condições do sistema. Por fim, o desenvolvimento de um modelo analítico para o tipo de problema que aqui estamos a estudar é, em regra, um processo

muito moroso e difícil sendo, simultaneamente, estruturalmente pouco flexível (no sentido de que só é válido para o problema para o qual foi formulado).

Muitos dos estudos que versam sobre o planeamento, a gestão e o controlo das operações e da produção, utilizam a simulação como metodologia de análise. Várias investigações nesta área [Bobrowski e Park (1989), Fredendall *et al.* (1996), Cigolini *et al.* (1998) e Yucesan e Groote (2000)], corroboram a inexequibilidade de metodologias analíticas para abordar aquele tipo de problemas, dada a complexidade de inúmeros aspectos do sistema.

Uma vez que as regras de decisão em estudo não dizem respeito a uma empresa em particular, nem decorrem da necessidade sentida por um processo de produção em concreto, a experimentação directa não se coaduna, como metodologia de investigação, ao presente estudo. Ainda, devido à complexidade do sistema que está a ser estudado e ao facto de algumas das decisões requererem informação em tempo real acerca do estado do sistema (por exemplo, quais os *jobs* que estão em fila para lançar o que tem a data de entrega prometida mais próxima), a abordagem analítica também não é apropriada como método de estudo. Consequentemente, a simulação foi a metodologia adoptada como instrumento de investigação.

#### **4. 1. 2. Fases requeridas nos estudos de simulação**

De acordo com Pidd (1992), podem ser consideradas sete grandes fases nos estudos de simulação: formulação do problema, concepção do modelo, computação do modelo, verificação e validação, condições (*design*) experimentais, experimentação, análise dos resultados e conclusões.

Na primeira fase procede-se à análise e descrição do problema no que diz respeito aos seus objectivos e à definição do sistema (variáveis controláveis, variáveis incontroláveis e medidas de desempenho), passando-se, depois, à construção do modelo onde se traduz o sistema num conjunto de relações lógicas e matemáticas de acordo com a formulação do problema. É nesta fase que se representa o *job shop* e se efectuam os principais pressupostos. De seguida, ocorre o desenvolvimento do modelo em computador, onde

se procura traduzir todas as relações lógicas do sistema de forma a este estar preparado para processamento.

A verificação e validação são necessárias para confirmar que o modelo de simulação está correctamente traduzido no programa de computador e que este representa o sistema real que se pretende estudar. Segue-se o *design* experimental onde se estabelecem as condições experimentais (tais como, quantas experiências serão necessárias, com que duração, qual o método para recolha de dados, quantos factores se consideram de cada vez, ...).

Com a experimentação, executa-se o programa para a obtenção dos resultados, que são posteriormente interpretados e analisados (incluindo a análise de sensibilidade). É a partir daqui que se podem efectuar recomendações quanto ao sistema em estudo.

Nas secções seguintes, são explicitadas cada uma das fases seguidas no processo de simulação conduzido nesta investigação.

## **4. 2. Formulação do problema**

Nesta fase, efectua-se a análise e descrição do problema (no que diz respeito aos seus objectivos) e a definição do sistema - variáveis controláveis, variáveis incontroláveis e medidas de desempenho. O problema a ser investigado deve ser claramente descrito e os objectivos devem ser definidos com precisão. Especificamente, deve-se saber exactamente porque o problema em causa está a ser estudado e quais as questões que a investigação pretende responder.

Os objectivos deste estudo encontram-se claramente descritos logo nas primeiras páginas da tese. Alguns desses objectivos já foram alcançados. O primeiro objectivo, explorar a possibilidade de implementação do sistema de produção JIT em empresas com um processo produtivo *job shop*, foi abordado no capítulo 2. No capítulo 3 desenvolveu-se um sistema de planeamento e controlo global das operações numa empresa com um processo de produção *job shop*. Outro dos objectivos deste estudo é o desenvolvimento de uma regra de aceitação/rejeição e de um método de lançamento de ordens que permita à empresa terminar os trabalhos o mais próximo possível da sua data de entrega (*due date*), ou seja, *just-in-time*. O primeiro objectivo da simulação consiste

em avaliar o impacto da nova regra de aceitação/rejeição das ordens de encomenda e do mecanismo de lançamento proposto no desempenho da *shop*. Pretende-se também analisar possíveis interacções entre os mecanismos de aceitação/rejeição das ordens, as regras de afectação da *due date*, as técnicas de lançamento e as regras de *dispatch*. Será, ainda, interessante analisar as interacções existentes em relação ao grau de aperto da *due date* e o nível de utilização do sistema.

O problema em estudo pode ser visto como um problema de tomada de várias decisões – aceitação ou rejeição da ordem, definição da *due date*, determinação da data de lançamento da ordem no *shop floor* e da sequência de processamento em cada centro de trabalho. A Figura 4.1. representa esquematicamente estas quatro decisões, os pontos onde elas têm que ser tomadas e as relações existentes entre elas (em termos de circulação da informação e de fluxo das ordens de encomenda).

As chegadas de encomendas do cliente são geradas aleatoriamente de acordo com as condições descritas na formulação do modelo (próxima secção). Quando chega uma ordem de encomenda, é determinado o número de operações que a constituem e a respectiva ordem de processamento (ou seja, o *routing* do *job*). É, de igual forma, determinado o tempo de processamento de cada uma das operações que constitui o *job*.

Tendo conhecimento da data de chegada do *job* e das suas características, este é colocado num ficheiro de ordens pendentes. Aqui, a empresa tem que tomar a sua primeira decisão: aceitação ou rejeição da ordem em função de determinada regra, que pode incluir elementos como o preço, a data de entrega pretendida pelo cliente, o *design* do produto, a qualidade exigida, a capacidade disponível na *shop*, o grau de ocupação de determinado centro de trabalho, etc.

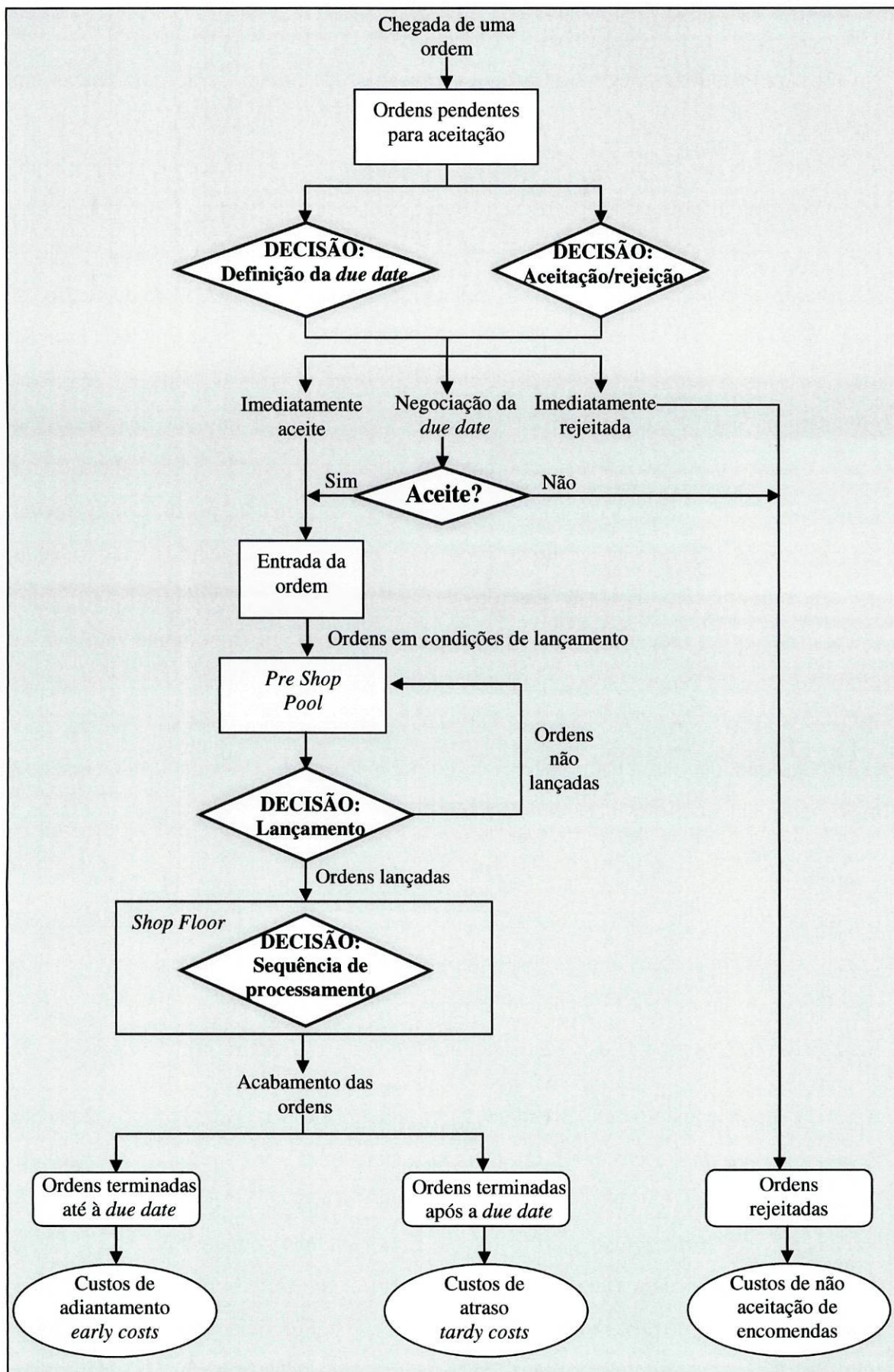


Figura 4.1. Processo de tomada de decisão

No presente estudo, as regras de aceitação/rejeição das ordens serão construídas em função da carga de trabalho total aceite pela empresa e/ou da data de entrega. A decisão de afectação da *due date*, ocorre em simultâneo com a decisão de aceitação/rejeição de uma encomenda, pois pode existir negociação das datas de entrega junto do cliente. Existem várias formas de cálculo da *due date*; genericamente, as regras incluem informação acerca da ordem em causa, das condições da *shop* aquando da aceitação ou ainda dos dois tipos de informação em simultâneo. Na actual investigação, ir-se-ão utilizar regras de determinação da *due date* que incluem informação somente acerca do *job*: data de chegada da ordem, tempo de processamento e número de operações. Existem duas razões pelas quais se tomou esta opção: em primeiro lugar, quem está a planear, junto do cliente, as condições da ordem de encomenda, possui relativamente pouca informação acerca do estado do *shop floor*, em termos de quantidade de trabalho por centro de trabalho, dimensão das filas em cada máquina, etc. Por isso, para estimar o fluxo de tempo requerido para processamento do *job*, utiliza somente informação relativa à própria ordem. A segunda razão tem a ver com a simplicidade das regras. Apesar de estas regras não poderem reclamar superioridade em relação a outras mais elaboradas que incluem informação acerca do trabalho em determinada(s) máquina(s), a maior parte das empresas utilizam ou estão dispostas a implementar regras que sejam simples de aplicar.

Depois de uma ordem ter sido aceite, é colocada num ficheiro com as ordens aceites. Como se assume que existe disponibilidade dos materiais necessários para o processamento de um *job* que chegue, o ficheiro de ordens aceites vai coincidir com o ficheiro das ordens prontas para lançamento no *shop floor* (ficheiro *pre shop pool*).

A decisão de lançamento de uma ordem determina quando deve ocorrer um lançamento actualmente na *pre shop pool* e, das existentes, qual será lançada. A regra de lançamento de ordens, que vai determinar a sequência pela qual se efectuará o lançamento para o *shop floor*, é normalmente elaborada tendo em atenção determinadas características da ordem (tempo de processamento, *due date*, número de operações requeridas, *routing* de processamento, ...) ou o grau de congestionamento da *shop* (carga total da *shop*, carga por centro de trabalho, carga nos centros de trabalho que fazem parte do *routing* da ordem, ...). Os mecanismos existentes raramente incluem

informação acerca da capacidade do *shop floor*, que é o elemento fundamental para o controlo *input/output*. A regra de lançamento proposta neste estudo, procura incluir este tipo de informação.

Por fim, existe a decisão de *dispatching* que é tomada, normalmente, em função de certas regras de sequenciamento, já no interior do *shop floor*. Se existir mais do que uma operação numa fila de um centro de trabalho, ou máquina, então é necessário decidir qual delas é processada em primeiro lugar.

Como foi referido, um dos principais objectivos da simulação é analisar o impacto da adopção das regras propostas, nas várias medidas de desempenho do sistema. Mas existe uma variedade de factores que podem afectar o desempenho do sistema: são as variáveis do sistema. Estas variáveis podem ser de dois tipos: controláveis e incontroláveis. As variáveis controláveis correspondem às variáveis de decisão, ou seja, aquelas sobre as quais quem está a planear tem que decidir e pode exercer algum controlo. As variáveis incontroláveis (ou exógenas) estão fora do controlo do decisor; são muitas vezes designadas de parâmetros do sistema.

Seguidamente apresentaremos quais são, no presente estudo, as variáveis controláveis e incontroláveis, assim como as medidas de desempenho adoptadas.

#### **4. 2. 1. Variáveis controláveis**

A cada uma das decisões irá corresponder uma variável controlável do sistema. Portanto, as variáveis de decisão são aquelas que são utilizadas para controlar o fluxo das ordens, nas quatro fases do sistema de controlo da produção: regras de aceitação/rejeição das ordens, técnicas de determinação da *due date*, métodos de lançamento da *pre shop pool* e regras de *dispatching*.

##### **4. 2. 1. 1. Regras de aceitação/rejeição das ordens**

A primeira decisão é tomada quando o cliente coloca uma encomenda à empresa, tendo esta que decidir se a aceita ou não, dependendo de uma determinada regra pré-estabelecida.

No presente estudo, é proposta uma nova regra de aceitação/rejeição, que consiste em incluir a possibilidade de negociação da data de entrega da ordem, antes da rejeição definitiva. Para além desta, foram utilizadas e implementadas duas técnicas associadas à primeira decisão que a empresa tem que tomar. Uma que constitui uma regra de referência (*benchmark*) e a outra que foi desenvolvida e testada por Nandi (2000). Existem outros estudos que apresentam regras de aceitação ou rejeição, variando em termos de quantidade e tipo de informação que nelas são incluídas. Mas, normalmente, consideram esta decisão isoladamente. Ebben *et al.* (2005), por exemplo, utilizam um modelo de simulação de um *job shop* genérico para testar vários métodos de aceitação, de forma a efectuar o *workload control*.

De seguida, são apresentadas as regras utilizadas na simulação.

### 1. Aceitação total (AT)

Nesta regra, todas as ordens de encomenda são aceites. A aceitação total corresponde à não existência de qualquer filtro de entrada das ordens. É, no entanto, uma regra útil no sentido de servir como ponto de referência em relação à utilização de outras regras que condicionam, de alguma forma, a aceitação de ordens.

Apesar de a regra de decisão AT ser das mais básicas (em termos de complexidade do algoritmo que está subjacente à sua simulação) apresentamos, de seguida, a lógica correspondente ao respectivo algoritmo:

```
If Taxa de aceitação == x%, Then Ordem é aceite,  
    Next (Count, Ordens aceites)  
    Next (Assign, Data de aceitação e Tipo de entidade)  
Else Ordem é rejeitada,  
    Next (Count, Ordens rejeitadas)  
    Next (Dispose, Não aceites)  
End If
```

### 2. Trabalho actual e futuro no *shop floor* (TAF)

Ao chegar uma ordem de encomenda à empresa, é calculada a quantidade de trabalho associado às ordens que se encontram actualmente no *shop floor*, assim como às que se encontram pendentes para lançamento. Se a quantidade total aceite neste momento pela

empresa for inferior a um limite pré-estabelecido, a ordem é aceite; se não é definitivamente rejeitada. O limite máximo de carga constitui um parâmetro que tem que ser definido tendo em atenção a percentagem de ordens rejeitadas que a empresa pretende. Assim que uma ordem é aceite, acrescenta-se à quantidade de trabalho aceite um montante igual ao tempo total de processamento estimado para a ordem em causa. Sempre que uma máquina termina uma operação, a carga de trabalho associada a essa operação é subtraída à quantidade de trabalho total aceite pela empresa.

Esta regra não tem em consideração a *due date* da ordem. O filtro de entrada é somente definido em função da quantidade de trabalho pendente na empresa. Vejamos o algoritmo genérico que está na sua base:

```
If Quantidade de trabalho aceite <= Limite de carga, Then Ordem é aceite,  
    Next (Count, Ordens aceites)  
    Next (Assign, Data de aceitação e Tipo de entidade)  
Else Ordem é rejeitada,  
    Next (Count, Ordens rejeitadas)  
    Next (Dispose, Não aceites)  
End If
```

O mecanismo TAF foi uma das técnicas apresentada por Nandi (2000), e constitui a regra mais simples que permite a rejeição de ordens. É de esperar que, em determinadas condições, esta permita um melhor desempenho que a aceitação total. O objectivo da regra TAF é manter a carga total da *shop* sob controlo.

### 3. Carga total e data de entrega prometida (NEDE - NEgociação da Data de Entrega)

A regra NEDE foi proposta e desenvolvida nesta tese com o objectivo de permitir o controlo da entrada de ordens e, portanto, da quantidade de trabalho, mas de uma forma flexível e passível de negociação com o cliente.

A lógica associada a esta regra é a de permitir a aceitação de trabalho, mesmo que ultrapassando um determinado limite de carga imposto internamente. Pretende-se que uma pequena ultrapassagem do limite máximo não implique, de imediato, a rejeição de uma ordem de encomenda. A entrada de mais ordens pode conduzir a um maior congestionamento do sistema. No entanto, se acompanhada com uma adequada

negociação com o cliente (no sentido de definir uma data de entrega mais conveniente) o resultado global (em termos de desempenho) poderá ser positivo.

Quando uma ordem de encomenda chega à empresa, verifica-se a carga total de trabalho existente nesse momento (relativamente a *jobs* em curso, e *jobs* à espera de serem processados e/ou lançados). Se aquela quantidade de trabalho for inferior a um determinado valor pré-estabelecido, a ordem é imediatamente aceite. No entanto, se a quantidade total de trabalho for superior àquele valor, podem ocorrer duas situações: a negociação da data de entrega ou a rejeição definitiva da ordem. Há lugar à negociação da *due date* quando o limite máximo de carga for ultrapassado em menos do que uma determinada percentagem (que corresponde, digamos, à margem de negociação). Neste caso, a empresa propõe ao cliente que a entrega da encomenda possa ser adiada por determinado tempo. A data de entrega negociada corresponderia à *due date* obtida recorrendo a uma das técnicas de determinação da *due date* à qual se acrescentaria um determinado valor temporal. A esta nova data de entrega designaremos de *due date* alargada. No caso do valor “folgado” do limite máximo da carga de trabalho ser ultrapassado, a ordem é definitivamente rejeitada. O comportamento relativo à aceitação de alargamento do prazo poderá ser admissível se pensarmos que certo tipo de clientes prefere o adiamento do prazo de entrega do que a mudança de fornecedor (porque já conhecem a qualidade dos produtos, porque possuem certas condições de pagamento vantajosas ou porque existe grande fiabilidade no cumprimento do adiamento do prazo, por exemplo).

Resta definir as condições sob as quais o cliente iria aceitar este alargamento do prazo de entrega. Consideramos, neste estudo, uma probabilidade do cliente aceitar um pequeno adiamento na entrega ( $k$  unidades temporais). Quando o cliente aceita a nova *due date* (portanto está incluído naquela percentagem de clientes que são “tolerantes”), acrescenta-se à quantidade de trabalho aceite, um montante igual ao tempo total de processamento estimado para a ordem em causa. Se o cliente não aceitar a *due date* alargada, então a ordem é rejeitada definitivamente. Sempre que uma máquina termina uma operação referente a esse *job*, a carga de trabalho associada à operação é subtraída à quantidade de trabalho total aceite pela empresa. A figura seguinte mostra o processo de decisão da regra NEDE na sua globalidade.

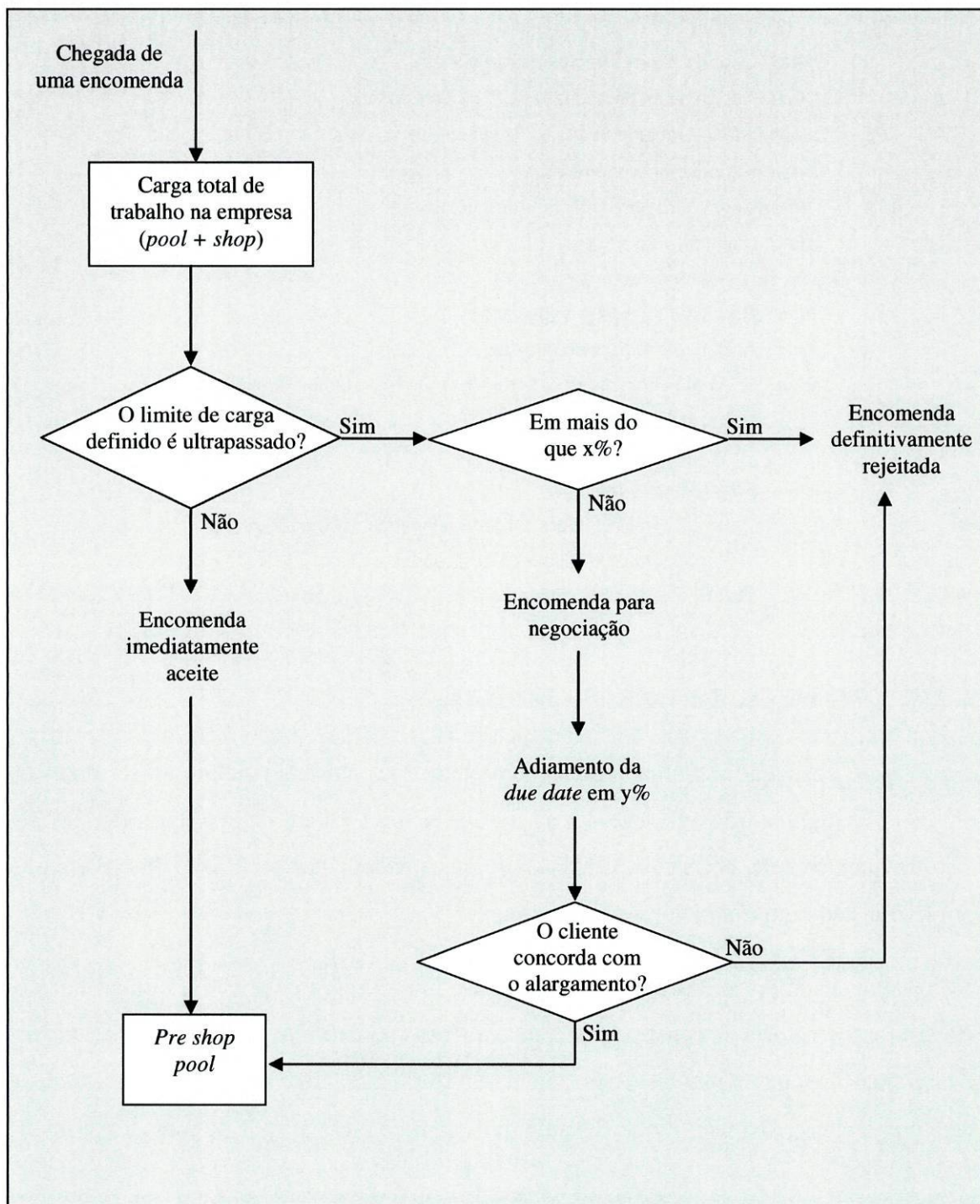


Figura 4.2. Regra de decisão NEDE

Em termos de algoritmo que se encontra na base desta regra, temos o seguinte:

```

If Quantidade de trabalho aceite <= Limite de carga, Then Ordem é imediatamente aceite
    Next (Count, Ordens imediatamente aceites)
    Next (Assign, Data de aceitação e Tipo de entidade)
Else If Quantidade de trabalho aceite >= Limite de carga + Margem de negociação, Then
    Ordem é imediatamente rejeitada
    Next (Count, Ordens imediatamente rejeitadas)
    Next (Dispose, Não aceites)
Else Ordem vai para negociação
    Next (Count, Ordens para negociação)
    Next (Assign, Nova data de entrega)
    Next (If Cliente aceita nova data de entrega, Then Ordem é aceite,
        Next (Count, Ordens aceites após negociação)
        Next (Assign, Data de aceitação e Tipo de entidade)
        Else Ordem é rejeitada,
        Next (Count, Ordens rejeitadas após negociação)
        Next (Dispose, Não aceites)
    End If)
End If

```

#### 4. 2. 1. 2. Técnicas de determinação da *due date*

Na fase de aceitação de uma nova ordem, tem que ocorrer a definição da data de entrega. De seguida, são apresentadas as condições das técnicas de determinação da *due date* frequentemente utilizadas. Todas as regras incluem um parâmetro (representado por  $k$ ) que constitui um factor de planeamento.

No presente estudo, iremos utilizar somente a primeira regra pois, através da atribuição de diferentes valores à constante de planeamento, poderemos facilmente, traduzir as outras duas técnicas. O factor de planeamento é utilizado como forma de tornar a data de entrega mais próxima ou mais distante (e portanto, mais apertada ou mais folgada).

##### 1. Quantidade total de trabalho (*total work content* - TWK)

A data de entrega é definida em função da data em que a ordem chega à empresa e do seu tempo de processamento.

$$DD_i = AD_i + k_{TWK} * P_i$$

Em que,  $DD_i$  (*due date*): data de entrega prometida para o *job*  $i$ ,  
 $AD_i$  (*arrival date*): data de chegada do *job*  $i$  à empresa,  
 $P_i$ : tempo de processamento previsto para o *job*  $i$   
 $k_{TWK}$ : constante do tempo de processamento

Na simulação utiliza-se o algoritmo genérico que a seguir indicamos:

```

Next (Assign, Parcela temporal =  $k_{TWK}$  * N° de máquinas a visitar * Tempo médio de processamento)
If Parcela temporal – INT (Parcela temporal) == 0 Then
    Data de entrega prometida == dia + Parcela temporal
    Next (Decisão de aceitação)
Else Data de entrega prometida == dia + INT(Parcela temporal) + 1
    Next (Decisão de aceitação)
End If

```

## 2. Número de operações (NOP)

Segundo esta regra, a data de entrega é definida em função da data em que a ordem chega à empresa e do número de operações que constituem o *job*.

$$DD_i = AD_i + k_{NOP} * n_i$$

Em que,  $DD_i$  (*due date*): data de entrega prometida para o *job*  $i$ ,  
 $AD_i$  (*arrival date*): data de chegada do *job*  $i$  à empresa,  
 $n_i$ : número de operações do *job*  $i$   
 $k_{NOP}$ : constante do número de operações

## 3. Tempo de processamento e de espera (*processing plus waiting time* - PWT)

Esta regra de definição da *due date* procura incluir uma estimativa do tempo de espera global para o *job*, em função do seu número de operações. Na verdade, quanto maior o número de operações, maior o número de máquinas que irá ter que visitar e por isso, maior o número de filas que terá que respeitar.

$$DD_i = AD_i + P_i + k_{PWT} * n_i$$

Em que,  $DD_i$  (*due date*): data de entrega prometida para o *job*  $i$ ,  
 $AD_i$  (*arrival date*): data de chegada do *job*  $i$  à empresa,  
 $P_i$ : tempo de processamento previsto para o *job*  $i$   
 $n_i$ : número de operações do *job*  $i$   
 $k_{PWT}$  : constante do número de operações

#### 4. 2. 1. 3. Métodos de lançamento da *pre shop pool*

As ordens depois de terem sido aceites, podem ser lançadas da *pre shop pool* em qualquer altura, desde que o mecanismo de lançamento tenha ditado que está um *job* para ser lançado e tenha seleccionado, de entre os que existem, um que respeite determinadas condições. O mecanismo de lançamento determina quando e qual dos *jobs* presentes na *pre shop pool* será lançado para o *shop floor*. Têm sido sugeridos na literatura vários mecanismos que vão desde os mais simples, como por exemplo o lançamento imediato (IMR), até regras muito elaboradas e sofisticadas em termos de informação requerida para calcular a data de lançamento, o *backward finite loading*, por exemplo. No entanto, Ragatz e Mabert (1988), chegam à conclusão que o mecanismo de lançamento BFL, apesar da sua sofisticação, não mostra nenhuma superioridade em relação a regras menos elaboradas como o mecanismo *backward infinite loading* (BIL) ou o *modified infinite loading* (MIL).

No presente estudo, é proposta uma regra de lançamento dos trabalhos no *shop floor*, designada por CIOP, que inclui informações acerca dos *jobs* (a data de entrega prometida, o tempo de processamento total do *job*, o número de operações do *job* e o *routing* do *job*), acerca do estado do *shop floor* (quantidade de trabalho na fila de todas as máquinas) e, ainda, informação relacionada com a capacidade da *shop*. Para além deste mecanismo, foram utilizados e implementados três mecanismos associados à decisão de lançamento das ordens. A escolha destes mecanismos tem a ver com o facto de serem um ponto de referência na literatura e de terem mostrado um bom desempenho em estudos anteriores. De seguida, são apresentadas as condições destas regras e justificada a sua utilização.

## 1. Lançamento imediato (IMR)

Neste mecanismo de lançamento, os *jobs* são lançados no *shop floor* assim que chegam ao sistema, ou seja, assim que são aceites. Esta regra “*naive*” não utiliza qualquer tipo de informação acerca do *job*, da *shop*, nem da capacidade do *shop floor*. Este método de lançamento é utilizado como uma medida de referência para comparação com outras regras de lançamento. Apesar de ser o mecanismo mais simples, existem estudos que mostram que a sua utilização, em determinadas circunstâncias, permite um melhor desempenho que outras regras que contêm mais informação.

Apesar de a regra de lançamento IMR poder ser vista como a ausência de controlo à entrada de ordens no *shop floor*, tem-se que passar essa informação para o modelo a ser simulado. Para tal foi utilizada a seguinte lógica:

**Next** (Count, Ordens aceites)

**Next** (Assign, Data de aceitação e Tipo de entidade)

**Next** (Assign, Data de aceitação == Data de entrada no shop floor)

**Next** (Record, Tempo de permanência na pre shop pool)

## 2. Carregamento infinito (BIL)

Este mecanismo de lançamento consiste em deduzir à data de entrega prometida de cada *job*, o tempo de fluxo esperado. Esta técnica de lançamento utiliza alguma informação acerca do *job* (*due date*, tempo de processamento ou número de operações) mas ignora a quantidade de trabalho actualmente na *shop*. Normalmente as técnicas BIL utilizam um dos seguintes métodos para calcular a data de lançamento:

$$RD_i = DD_i - k_{BIL} * n_i$$

$$RD_i = DD_i - k_{BIL} * P_i$$

Em que,  $RD_i$  (*release date*): data de lançamento do *job*  $i$ ,

$DD_i$  (*due date*): data de entrega prometida para o *job*  $i$ ,

$n_i$ : número de operações do *job*  $i$

$P_i$  (*processing time*): tempo de processamento previsto para o *job*  $i$

$k_{BIL}$ : constante do número de operações ou do tempo de processamento

Se a data de lançamento projectada para o *job* *i* já tiver ocorrido (portanto é anterior à data actual) então o *job* deve ser lançado imediatamente. Se não, fica a aguardar até que chegue a sua data de lançamento.

Na simulação, para determinar a data de lançamento do *job* *i*, é tido em consideração o número de operações que constituem esse *job*, portanto, a primeira forma de cálculo de  $RD_i$ .

De seguida apresenta-se o algoritmo utilizado para a regra BIL:

```

Next (Count, Ordens aceites)
Next (Assign, Data de aceitação e Tipo de entidade)
Next (Assign, Parcela de lançamento =  $k_{BIL} * \text{Número de máquinas a visitar}$ )
If Parcela de lançamento – INT (Parcela de lançamento) == 0 Then
    Data de lançamento == Data de entrega prometida – Parcela de lançamento
Else Data de lançamento == Data de entrega prometida - INT (Parcela de lançamento) + 1
End If
While (dia < Data de lançamento)
    Next (Delay, Aguarda a chegada da data de lançamento)
Loop
Next (Assign, Data de entrada no shop floor == dia)
Next (Record, Tempo de permanência na pre shop pool)
    
```

### 3. Carregamento infinito modificado (*modified infinite loading - MIL*)

Trata-se do mecanismo de lançamento apresentado em Ragatz e Mabert (1988). É semelhante à técnica de lançamento BIL no que se refere a ignorar a capacidade da *shop*, mas incorpora um factor que traduz a carga actual da *shop*, como forma de estimar o tempo total de espera do *job* *i*. Existem diversas variantes deste método para calcular a data de lançamento:

$$RD_i = DD_i - k_{1MIL} * n_i - k_{2MIL} * Q_i$$

$$RD_i = DD_i - k_{1MIL} * P_i - k_{2MIL} * Q_i$$

Em que,  $RD_i$  (*release date*): data de lançamento do *job* *i*,  
 $DD_i$  (*due date*): data de entrega prometida para o *job* *i*,  
 $n_i$ : número de operações do *job* *i*

$P_i$  (*processing time*): tempo de processamento previsto para o *job*  $i$

$Q_i$  (*queue*): carga actual ou número de *jobs* na fila dos centros de trabalho por onde o *job*  $i$  tem que passar

$k_{1MIL}$ ,  $k_{2MIL}$  : constantes do tempo na fila, do número de operações ou do tempo de processamento

Para determinarmos a data de lançamento do *job*  $i$ , temos em consideração o número de operações que constituem esse *job* e o número de trabalhos nas filas das máquinas que fazem parte do *routing* do *job*  $i$ , portanto, a primeira forma de cálculo de  $RD_i$ .

De seguida apresentamos o algoritmo geral utilizado na simulação para o mecanismo de lançamento MIL.

```
Next (Count, Ordens aceites)
Next (Assign, Data de aceitação e Tipo de entidade)
Next (Assign, Parcela de lançamento =  $k_{1MIL}$  * Número de máquinas a visitar +  $k_{2MIL}$  * Número de ordens na fila das máquinas que estão no routing)
If Parcela de lançamento – INT (Parcela de lançamento) == 0 Then
    Data de lançamento == Data de entrega prometida – Parcela de lançamento
Else Data de lançamento == Data de entrega prometida – INT (Parcela de lançamento) + 1
End If
While (dia < Data de lançamento)
    Next (Delay, Aguarda a chegada da data de lançamento)
Loop
Next (Assign, Data de entrada no shop floor == dia)
Next (Record, Tempo de permanência na pre shop pool)
```

#### 4. Data mais tarde de lançamento e carga na fila (CIOP - Controlo *Input Output* Proposto)

O mecanismo de lançamento CIOP foi desenvolvido nesta investigação com o objectivo de permitir controlar o ritmo de entrada de trabalho no *shop floor* e a cadência de conclusão das ordens de encomenda. O princípio básico desta nova regra é controlar simultaneamente o *input*, em termos de ordens lançadas para o *shop floor* e o *output*, em termos de capacidade de produção da *shop*.

De acordo com o mecanismo proposto, inicia-se um lançamento quando se verificar um dos seguintes acontecimentos (o que acontecer primeiro é o critério que se segue para determinar quando e qual a ordem a lançar):

- ocorrer a data mais tarde de lançamento de um *job*,
- a quantidade de trabalho (medida em termos de número de horas necessárias para as ordens serem processadas) na fila de qualquer centro de trabalho descer abaixo de X horas.

A data mais tarde de lançamento é calculada para todos os *jobs* assim que eles entram na *pre shop pool*, da seguinte forma:

$$DMT_i = DD_i - P_i - k_{CIOP} * n_i$$

Em que,

$DMT_i$ : data mais tarde de lançamento do *job* *i*,

$DD_i$  (*due date*): data de entrega prometida para o *job* *i*,

$P_i$  (*processing time*): tempo de processamento previsto para o *job* *i*

$n_i$ : número de operações do *job* *i*

$k_{CIOP}$ : factor de planeamento; constante do número de operações

A data mais tarde de lançamento de um *job* é calculada subtraindo-se, à data de entrega prometida para esse *job*, o seu tempo de processamento esperado e uma parcela que procura traduzir o tempo de espera do *job* na totalidade do sistema. O número de operações é, em nossa opinião, um bom indicador do tempo de fila, pois quantas mais operações um *job* tiver, maior o número de máquinas que terá que visitar e, logo, maior o número de filas que irá ter que respeitar. O factor *k* procura converter o número de operações em tempo de espera na fila.

Se, apesar de nenhum *job* dos que se encontram na *pre shop pool* ter atingido a sua data mais tarde de lançamento, a quantidade de trabalho em qualquer fila das máquinas descer abaixo de um limite pré-estabelecido, deverá ocorrer o lançamento de um *job* para evitar a desocupação (paragem) das máquinas.

Este segundo critério de lançamento utilizado, merece um comentário adicional. Apesar de parecer ir contra a lógica associada ao *just-in-time*, a consideração deste

acontecimento torna-se importante devido ao facto de a utilização da capacidade ser um dos factores essenciais em ambiente *job shop*. De facto, lançar trabalhos para evitar que as máquinas fiquem desocupadas não deve ser uma estratégia utilizada nas empresas de produção repetitiva, pois isso iria fazer surgir *stocks* de produtos em curso ou de produtos acabados, que são considerados desperdício em *just-in-time*. Aliás, a lógica de controlo das operações utilizada no JIT – *pull* – evita o lançamento antecipado da produção. No entanto, como colocamos o enfoque nas empresas de produção por encomenda, na regra de lançamento proposta achou-se conveniente introduzir um critério que evite a desocupação prolongada do equipamento (sendo, obviamente, ocupados com as ordens já aceites e, destas, as que têm a data de entrega mais próxima).

Depois de se ter decidido que terá que ocorrer um lançamento, terá que se determinar qual o *job* a ser lançado. Se o facto que desencadeou o lançamento foi a ocorrência de uma data mais tarde de lançamento, irá ser lançado o *job* correspondente. Em caso de existir mais do que um *job* nas mesmas condições (isto é com a mesma data mais tarde de lançamento), será lançado o *job* que possui a *due date* mais próxima. Se, ainda assim, ocorrerem empates, selecciona-se para lançamento o *job* que apresenta o maior tempo de processamento.

Quando o lançamento é iniciado devido a determinada máquina apresentar uma fila menor que um valor pré-estabelecido (em termos de quantidade de trabalho), será escolhido para lançamento o *job* que tem a sua primeira operação no centro de trabalho que despoletou o lançamento. Se existir mais do que um *job* com a sua primeira operação naquela máquina, será seleccionado para processamento o *job* que apresentar a data mais tarde de lançamento menor (portanto, mais próxima). No caso de ainda existirem *jobs* nas mesmas condições, será lançado aquele que possui a data de entrega mais próxima.

O controlo do *output* é efectuado simultaneamente, bastando para isso apurar qual a quantidade de trabalho correspondente aos *jobs* que estão na *pre shop pool* (portanto, as ordens que, tendo sido aceites, ainda não iniciaram o processamento). A dimensão da *pre shop pool* irá, pois, ser um indicador da necessidade de mais capacidade futura no *shop floor*. Assim, se a quantidade de trabalho, em termos de tempo de processamento de todos os *jobs* que estão à espera de lançamento, ultrapassar um determinado limite,

existe a necessidade de aumento da capacidade. Este aumento de capacidade será efectuado através do número de horas disponíveis de processamento de cada máquina por dia. O aumento do número de horas pode ser conseguido à custa de horas extraordinárias, por exemplo.

Este método de lançamento procura controlar não só os tempos médios de produção (via aumento da capacidade) mas também a quantidade de trabalho no *shop floor* (através dos lançamentos controlados dos *jobs* que se encontram na *pre shop pool*). É um método de lançamento que considera informação acerca do *job*, do *shop floor* e da capacidade da *shop*. O controlo da quantidade de trabalho no *shop floor* é feita utilizando um limite superior (que ao ser ultrapassado desencadeia o aumento da capacidade) e um limite inferior (que ao ser atingido despoleta o lançamento de ordens). A figura 4.3. sintetiza, esquematicamente, o processo de decisão de lançamento da regra CIOP.

Apresentamos ainda a informação genérica (em termos de algoritmo) acerca do funcionamento do mecanismo proposto.

```
Next (Count, Ordens aceites)
Next (Assign, Data de aceitação e Tipo de entidade)
Next (Assign, Parcela de lançamento = Número de máquinas a visitar * Tempo médio de
      processamento +  $k_{CIOP}$  * Número de máquinas a visitar)
If Parcela de lançamento - INT (Parcela de lançamento) == 0 Then
  Data de lançamento == Data de entrega prometida - Parcela de lançamento
Else Data de lançamento == Data de entrega prometida - INT (Parcela de lançamento) + 1
End If
While ((dia < Data de lançamento) And (Quantidade de trabalho mínima na fila >= x horas)
  Next (Delay, Aguarda a chegada da data de lançamento)
Loop
Next (Assign, Data de entrada no shop floor == dia
      Output == Output - Tempo médio de processamento )
Next (Search a Queue, Menor data de lançamento e Menor quantidade de trabalho mínima na
      fila)
Next (Remove, Ordem com menor data de lançamento ou Ordem com a 1ª operação na
      máquina com a menor fila)
Next (Record, Tempo de permanência na pre shop pool)
```

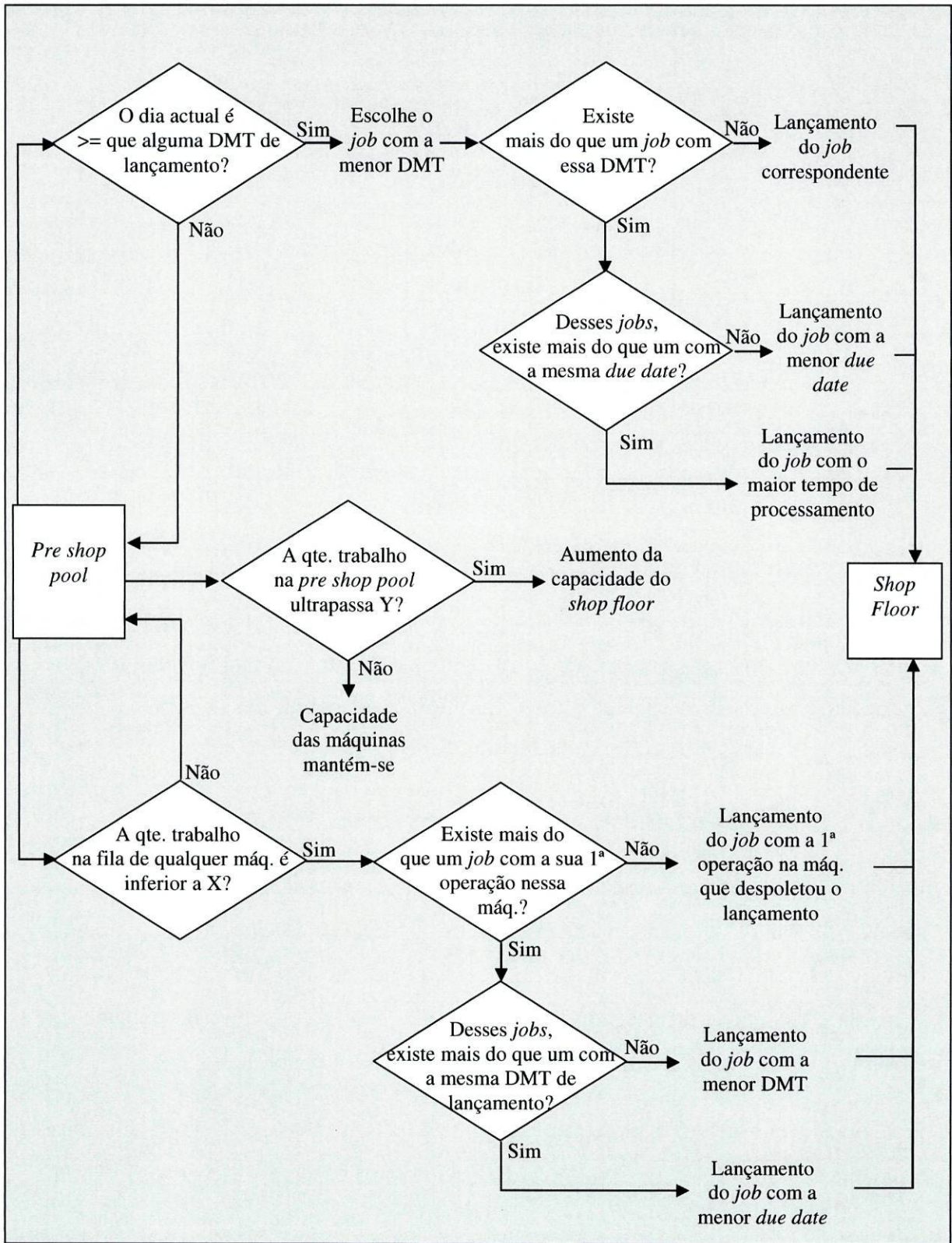


Figura 4.3. Regra de decisão CIOP

O Quadro 4.1. sintetiza a informação requerida pelos vários mecanismos de lançamento:

Informação sobre cada mecanismo		IMR	BIL	MIL	CIOP
Características do <i>job</i>	Número de operações		*	*	*
	Tempo de processamento				*
	<i>Routing</i>			*	*
	<i>Due date</i>		*	*	*
Situação do <i>shop floor</i>	Número de trabalhos na fila			*	*
	Carga das máquinas				*
Quantidade de trabalho na <i>pre shop pool</i>					*
Capacidade das máquinas					*

Quadro 4.1. Informação requerida pelos vários mecanismos de lançamento

Como se pode ver, o mecanismo CIOP tem em consideração não só informações referentes ao *job* a ser lançado e ao estado do *shop floor* (em termos de quantidade de trabalho), mas também à capacidade das máquinas e à quantidade de trabalho à espera de lançamento. Os dois primeiros tipos de informação permitirão controlar o *input*, enquanto que os dois últimos irão comandar o *output*.

#### 4. 2. 1. 4. Regras de *dispatching*

Assim que uma ordem é lançada no *shop floor*, surge a necessidade de decidir como é que ela se vai deslocar no interior da *shop*. A decisão de *dispatching* é tomada normalmente em função de certas regras de sequenciamento, já no interior do *shop floor*. Se existir mais do que uma operação numa fila de um centro de trabalho, ou máquina, então é necessário decidir qual delas é processada em primeiro lugar.

Tradicionalmente, as regras de sequenciamento são classificadas em aleatórias, estáticas e dinâmicas [Blackstone *et al.* (1982), Baker (1984a), Ragatz e Mabert (1984)]. As regras aleatórias não têm em consideração informação acerca do *job* nem do estado da *shop* na determinação da prioridade. As regras estáticas são baseadas em informação acerca do *job* ou da *shop* que não se altera enquanto o *job* está no *shop floor* (selecciona-se a ordem associada ao *job* com menor tempo de processamento (SPT), ou com a *due date* mais próxima (EDD), p. ex.). As regras dinâmicas requerem que a

prioridade dos *jobs* seja calculada ao longo do tempo. Estas regras normalmente utilizam alguma forma de medida da folga do *job* (rácio crítico (CR), folga por operação (S/OPN), etc.).

### 1. Ordem de chegada à máquina (*first come, first served* - FCFS)

Esta regra selecciona, de entre as operações que estão na fila à espera para processamento em determinada secção, a que tiver chegado primeiro. Portanto será escolhida para processamento a que tiver maior tempo de espera na fila dessa máquina.

Apesar de a decisão de *dispatch* baseada no mecanismo FCFS constituir uma regra básica apresentamos, de seguida, a lógica correspondente ao respectivo algoritmo:

```
For NMaquinas = 1 to i
  If Passou máquina i == False, Then Vai para fila da máq. i,
    Next (Wait, Ordem de dispatching)
    Next (Process, Tempo de processamento na máq. i)
    Next (Assign, Passou máquina i == True)
  End If
Next NMaquinas
```

### 2. Data de entrega mais próxima (*earliest due date* - EDD)

De acordo com esta regra de *dispatch*, a operação cujo *job* tiver a data de entrega mais próxima, será seleccionada. De igual modo, se existirem duas operações nas mesmas condições, utiliza-se a regra FCFS para escolher uma delas.

Na realidade, muitas empresas, mais do que pretenderem ter baixos níveis de *stocks* de produtos em curso e um tempo de fluxo baixo, tendem a valorizar o critério que permite cumprir a data de entrega (acabar o mais próximo possível da data de entrega), e portanto minimizar o desvio máximo, tentando evitar atrasos.

Apresenta-se, de seguida, a lógica-base da regra EDD:

```

For NMaquinas = 1 to i
    If Passou máquina i== False, Then Vai para fila da máq. i,
        Next (Search a Queue, Menor data de entrega )
        Next (Remove, Ordem com menor due date)
        Next (Process, Tempo de processamento na máq. i)
        Next (Assign, Passou máquina i == True)
    End If
Next NMaquinas

```

### 3. Menor tempo de processamento (*shortest processing time - SPT*)

Quando existe mais do que uma operação para ser processada, a regra SPT selecciona a que possui um menor tempo de processamento. Se existir mais do que uma operação com o mesmo tempo de processamento, utiliza-se a regra FCFS para decidir qual a primeira a ser realizada.

Procura-se, com esta regra, que se ocupe a máquina primeiro com os trabalhos que têm menor duração. Deste modo, consegue-se processar mais operações, em menor tempo, reflectindo-se ao nível dos *stocks* em curso de fabrico e minimizando o tempo médio de conclusão.

### 4. Folga restante (*slack per remaining operation - S/OPN*)

Esta regra de *dispatch* selecciona para processamento, a operação correspondente ao *job* que tem o menor rácio entre a folga e o número de operações que ainda faltam executar. A operação com o menor rácio é a seleccionada para ser processada em primeiro lugar.

$$S/OPN = \frac{DD_i - RP_i - t}{RO_i}$$

Em que,  $DD_i$  (*due date*): data de entrega prometida para o *job* i,

$RP_i$ : tempo de processamento restante para o *job* i

t: data actual

$RO_i$ : número de operações ainda para processamento do *job* i

Esta técnica é mais sofisticada que as anteriores. Trata-se de uma regra dinâmica uma vez que é calculada de cada vez que uma decisão de *dispatch* é tomada e/ou uma nova

operação surge para processamento. Apesar da sua sofisticação, vários estudos indicam que, em certas circunstâncias, esta regra implica um pior desempenho nas medidas mais comuns (tempo de fluxo, número de *jobs* atrasados, *stock* médio de produtos em curso, p. ex.) do que regras mais simples, por exemplo a EDD, daí não ter sido utilizada nesta investigação. Seleccionaram-se, pois, as regras FCFS e EDD para incluir nos factores experimentais a levar a cabo na simulação.

O Quadro 4.2. apresenta de forma sintetizada as várias regras utilizadas em cada uma das variáveis controláveis.

<b>Variáveis controláveis</b>	
Regras de AR (aceitação ou rejeição)	<b>AT</b> Aceitação total
	<b>TAF</b> Trabalho actual e futuro no <i>shop floor</i>
	<b>NEDE</b> Carga total e data de entrega prometida - negociação da data de entrega
Técnicas de DD (determinação da <i>due date</i> )	<b>TWK</b> Quantidade total de trabalho - <i>total work content</i> (com 4 níveis de aperto – 4 valores para k)
Mecanismos de OR ( <i>order release</i> - lançamento de ordens)	<b>IMR</b> Lançamento imediato - <i>immediate release</i>
	<b>BIL</b> Carregamento infinito - <i>backward infinite loading</i>
	<b>MIL</b> Carregamento infinito modificado - <i>modified infinite loading</i>
	<b>CIOP</b> Data mais tarde de lançamento e carga na fila - controlo <i>input output</i> proposto
Regras de <i>dispatching</i>	<b>FCFS</b> Ordem de chegada à máquina - <i>first come, first served</i>
	<b>EDD</b> Data de entrega mais próxima - <i>earliest due date</i>

Quadro 4.2. Regras utilizadas - variáveis de decisão

O objectivo central da simulação consiste em avaliar o efeito da nova regra de aceitação/rejeição de encomendas, e do mecanismo de lançamento de ordens proposto, nas medidas de desempenho da *shop*. Procura-se também analisar as possíveis interacções entre as várias regras de aceitação/rejeição de ordens, os vários graus de aperto da data de entrega (diferentes k), os diferentes mecanismos de lançamento de ordens e as regras de *dispatching*. Teremos assim quatro tipos de factores experimentais:

1. as regras de aceitação/rejeição das encomendas,
2. os diferentes níveis de aperto da *due date*,
3. os mecanismos de lançamento de ordens, e

#### 4. as regras de *dispatching*.

Uma vez que cada factor experimental possui diversas variantes, o presente estudo terá, assim, 96 factores experimentais (3 regras de aceitação, 4 níveis para a determinação da *due date*, 4 mecanismos de lançamento e 2 regras de *dispatch*).

#### **4. 2. 2. Variáveis incontrolláveis**

No sistema de produção existem determinados factores para os quais pode existir todo o interesse em analisar o seu impacto no desempenho do sistema (embora estejam fora do controlo e domínio do decisor). São parâmetros para os quais iremos testar vários níveis, para poder analisar até que ponto o sistema é sensível a variáveis que estão fora do controlo da empresa (por exemplo, os parâmetros adoptados para as várias regras de decisão de aceitação/rejeição, de determinação da *due date* e de lançamento ou ainda a taxa de chegadas das encomendas).

#### **4. 2. 3. Medidas de desempenho**

As medidas de desempenho permitem comparar as várias regras utilizadas (no que diz respeito à eficácia do sistema), assim como o impacto das outras decisões no desempenho global. Vários estudos (por exemplo, Panwalker e Iskander (1977) e Blackstone *et al.* (1982)) foram efectuados no sentido de descortinar quais as medidas de desempenho mais indicadas para comparar diferentes regras de decisão. As medidas de desempenho são muitas vezes incompatíveis entre si, por isso não é possível encontrar um sistema que tenha um bom desempenho em todas elas [Blackstone *et al.* (1982)]. Por exemplo, para se obter um bom desempenho nas entregas, convém lançar a encomenda logo que ela chegue, mas por outro lado, isso irá implicar um maior número de *jobs* no *shop floor* e consequentemente uma maior quantidade de unidades em fabrico (e portanto de custos com *stocks* de produtos em curso de fabrico). Nas empresas de produção por encomenda tanto o serviço ao cliente como os custos de armazenagem são importantes. Só que estes objectivos conflituem entre si; daí que a escolha de uma medida de desempenho constitua um *trade-off*.

Seleccionamos, para a nossa análise, medidas de diferentes tipos: medidas relativas ao desempenho nas entregas e medidas relacionadas com a quantidade de trabalho na *shop*.

#### 4. 2. 3. 1. Medidas de desempenho relacionadas com a entrega

Nesta categoria são englobadas as medidas que procuram avaliar a empresa quanto à capacidade de entregar as encomendas atempadamente: o atraso médio e a percentagem de *jobs* entregues após a *due date*. Consideraram-se ainda as medidas de desempenho percentagem de ordens rejeitadas e o desvio absoluto médio.

##### 1. Atraso médio (*mean tardiness*)

Cada *job* possui uma data de entrega definida na fase de aceitação da ordem. Quando a encomenda é terminada após essa data, ocorre um atraso. Para medir o atraso médio das encomendas, calcula-se a diferença entre a data de conclusão da encomenda e a *due date* dessa encomenda (portanto determina-se se existe ou não algum desvio em relação à data de entrega prometida - *lateness*). Se o desvio for positivo (portanto existiu atraso), é tido em consideração, caso contrário, o atraso é zero. Portanto,

$$\text{Atraso médio} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Max}(0, L_i)}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Max}(0, C_i - DD_i)}{n}$$

Em que,  $C_i$  : data de conclusão da encomenda  $i$ ,  
 $DD_i$  (*due date*): data de entrega prometida para o *job*  $i$ ,  
 $n$ : número de encomendas concluídas  
 $L_i$  (*lateness*): desvio do *job*  $i$      $L_i = C_i - DD_i$

##### 2. Percentagem de atrasos (*percent tardy*)

Esta medida refere-se à percentagem de encomendas que terminaram depois da data de entrega, de entre todos os *jobs* aceites e já concluídos.

Quando a encomenda não é entregue na data prometida, poderá a empresa incorrer em custos associados essencialmente com eventuais penalidades contratuais, perda de quota de mercado (clientes que não voltam a encomendar à empresa), perda de bem estar do cliente (que pode, de igual forma, ter assumido compromissos com base na *due date* estabelecida), degradação da imagem da empresa, etc. Uma percentagem elevada de

atrasos pode indiciar a necessidade de definição mais rigorosa da *due date* ou de aumento da capacidade do *shop floor*.

### 3. Percentagem de ordens rejeitadas

Na fase de decisão de aceitação/rejeição de uma encomenda, a empresa pondera a inclusão de uma ordem, em função da quantidade de trabalho já em curso no *shop floor* e já aceite e, eventualmente, da data de entrega prometida negociada com o cliente. Ao fazer isto, ela pretende evitar o congestionamento do *shop floor* assim como a interferência ao nível das datas de entrega prometida para os outros *jobs*. Mas, ao rejeitar uma ordem, a empresa está simultaneamente a incorrer num custo potencial. O custo relativo à perda de receita associada à venda do produto, à perda de imagem no mercado e à degradação da sua quota de mercado, são alguns dos exemplos. A percentagem de ordens rejeitadas procura ser um indicador da dimensão daqueles custos na empresa.

### 4. Desvio absoluto médio (*mean absolute deviation* - MAD)

O desvio absoluto médio permite saber até que ponto a empresa está a terminar os seus *jobs* na data de entrega prometida. Uma vez que os adiantos (desvio negativo) são tidos em conta pelo seu valor absoluto, esta medida permite-nos obter um indicador da proximidade global da empresa em relação a entregas na *due date*.

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |C_i - DD_i|}{n}$$

#### **4. 2. 3. 2. Medidas de desempenho relacionadas com a carga na *shop***

Esta categoria constitui, provavelmente, aquela que inclui os indicadores, na óptica da empresa, que melhor definem o seu desempenho em termos operacionais.

### 1. Tempo médio de permanência na *pre shop pool*, tempo médio de permanência no *shop floor*, tempo médio de permanência no armazém de produtos acabados

O tempo de permanência de um *job* na *pre shop pool* consiste no tempo despendido por um *job* desde que é aceite até ser lançado no *shop floor*. O tempo de permanência no *shop floor* corresponde ao intervalo de tempo que decorre entre o lançamento de um *job* e a sua conclusão. Depois de estar concluído, se ainda não tiver chegado a sua data de entrega, a encomenda é colocada num armazém de produtos finais até que chegue a sua *due date*. O tempo médio de permanência de um *job* em cada uma destas fases é um indicador da adequação da capacidade da empresa à quantidade de trabalho aceite, e vai permitir tomar decisões operacionais importantes, por exemplo, de aumento da capacidade, ou de rejeição de determinadas ordens.

### 2. Tempo médio de fluxo (*mean flow time*), tempo médio permanência no sistema

O tempo médio de fluxo é calculado somando o tempo médio de permanência na *pre shop pool* ao tempo médio de permanência no *shop floor*. O tempo médio de permanência no sistema refere-se à totalidade de tempo que um *job*, em média, gasta desde que é aceite até ser entregue; para o calcular, basta adicionar ao tempo médio de fluxo, o tempo médio de permanência no armazém de produtos acabados.

### 3. Tempo médio gasto em fila no *shop floor*

O tempo de fila que, em média, um *job* terá que enfrentar é calculado subtraindo ao tempo de permanência no *shop floor*, o tempo médio de processamento do *job*.

### 4. Taxa média de utilização das máquinas

Em empresas de produção por encomenda, a utilização do equipamento constitui um dos factores decisivos no planeamento, por esta ser a principal causa limitativa na operação da empresa. Por isso, a taxa efectiva de utilização das máquinas representa um indicador de um melhor ou pior desempenho.

$$\text{Taxa efectiva de utilização} = \frac{\text{tempo de funcionamento}}{\text{capacidade da máquina}}$$

As várias medidas de desempenho utilizadas como forma de comparação das políticas estudadas, estão resumidas no Quadro 4.3..

<b>Medidas de desempenho</b>	
Relacionadas com a entrega	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Atraso médio – <i>mean tardiness</i></li> <li>- Percentagem de atrasos - <i>percent tardy</i></li> <li>- Percentagem ordens rejeitadas</li> <li>- Desvio absoluto médio - <i>mean absolute deviation</i></li> </ul>
Relacionadas com a carga na <i>shop</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>, tempo médio de permanência no <i>shop floor</i>, tempo médio no armazém de produtos acabados</li> <li>- Tempo médio de fluxo (<i>mean flow time</i>), tempo médio permanência no sistema</li> <li>- Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i></li> <li>- Taxa média de utilização das máquinas</li> </ul>

Quadro 4.3. Medidas de desempenho utilizadas na investigação

### 4. 3. Formulação do modelo

Seguidamente passa-se à construção do modelo onde se traduz o sistema através de um conjunto de relações lógicas e matemáticas de acordo com a formulação do problema.

A maior parte dos estudos nesta área (programação e controlo de operações em ambiente *job shop*) utilizam modelos de produção hipotéticos para descreverem aqueles sistemas. O *job shop* simulado neste estudo não vai representar um sistema específico real. Apesar de se incluir um determinado número de pressupostos, que podem ou não ser verdadeiros para um dado sistema real, os resultados de estudos prévios sugerem que as diferenças óbvias entre os *job shops* reais e os hipotéticos não têm um impacto significativo no desempenho das diferentes políticas de operação na *shop*.

No sentido de verificar as condições dos modelos existentes, efectuou-se uma pesquisa de diversos estudos de simulação para ambientes de produção *job shop*. Verificou-se que existem dois estudos que são frequentemente utilizados, em investigações posteriores, como base para definir as condições gerais do *job shop*: o trabalho de Melnyk e Ragatz (1989) e o de Ragatz e Mabert (1988).

Alguns dos trabalhos que utilizam as mesmas condições de Melnyk e Ragatz (1989) são: Melnyk *et al.* (1991), Hendry e Wong (1994), Land e Gaalman (1998), Sabuncuoglu e Karapinar (1999), Sabuncuoglu e Karapinar (2000).

As investigações que utilizam condições idênticas às de Ragatz e Mabert (1988) são: Bobrowski e Park (1989), Ahmed e Fisher (1992), Philipoom *et al.* (1993), Fredendall e Melnyk (1995), Fredendall *et al.* (1996).

Depois existe um conjunto de estudos que especificam determinadas condições (diferentes de estudo para estudo) para o *job shop*. É o caso de Adam e Surkis (1977), Baker (1984a), Philipoom e Fry (1992), Scudder *et al.* (1993), Melnyk *et al.* (1994b), Tsai *et al.* (1997), Cigolini *et al.* (1998), Hendry *et al.* (1998), Gargeya e Deane (1999), Newman e Maffei (1999), Philipoom e Fry (1999), Chakravorty (2001), Bertrand e van Ooijen (2002), Bertrand e van de Wakker (2002), Cigolini e Portioli-Staudacher (2002), Enns e Costa (2002), Kingsman e Hendry (2002).

Na presente investigação, iremos utilizar o sistema de produção hipotético apresentado no estudo de Melnyk e Ragatz (1989), como forma de explorar as diferentes políticas de controlo, a vários níveis de decisão, ao longo do *shop floor*. A opção por este trabalho deve-se essencialmente ao facto de ser um estudo frequentemente citado em investigações posteriores, por serem utilizadas as mesmas condições do modelo hipotético e da configuração do *job shop*. Do terceiro grupo de investigações indicado, não é seleccionado nenhum estudo porque as condições experimentais são bastante diferentes. Para efectuar comparações entre políticas de controlo do *shop floor* também é frequentemente utilizado na literatura o estudo de Ragatz e Mabert (1988) mas possui, em relação ao de Melnyk e Ragatz (1989), a desvantagem de ser mais restritivo relativamente aos pressupostos que formula (possui um menor número de máquinas, por exemplo).

#### **4. 3. 1. Configuração do *job shop***

O sistema de produção hipotético, que opera continuamente, possui 6 centros de trabalho, cada um com uma única máquina (operando, cada uma, 40 horas por semana). Apesar de existirem alguns estudos que incluem um maior número de centros (8 ou 10),

vários autores defendem que a dimensão da *shop* não tem um impacto significativo no desempenho dos procedimentos de controlo da *shop* - Baker e Dzielinski (1960) e Moore e Wilson (1967), por exemplo. Cada máquina desempenha uma única operação (cada máquina é diferente das outras existentes no sistema), não podendo processar mais do que uma em simultâneo. Na simulação não são permitidas paragens forçadas das máquinas. Cada operação, depois de iniciada, não pode ser interrompida. Não existem restrições de armazenamento nem dimensão máxima para a fila nos centros de trabalho. As máquinas não estão sujeitas a manutenção, não havendo tempo de manutenção ou de descanso forçado das máquinas. A mão-de-obra não constitui um recurso limitativo da capacidade.

#### 4. 3. 2. Características dos *jobs*

Os *jobs* chegam de acordo com um processo de *Poisson* a uma taxa média de 1 por hora. Para além da utilização generalizada da distribuição de *Poisson*, existe também uma evidência teórica (Albin (1982), Medhi (1991), por exemplo), de que aquela distribuição fornece uma boa aproximação ao processo de chegadas<sup>1</sup>. A maioria dos modelos analíticos de filas de espera descritos na literatura pressupõem que as chegadas seguem uma distribuição de *Poisson*.

Cada *job* requer processamento em uma ou mais máquinas numa sequência fixa que pode variar entre os *jobs*. O *routing* do *job* é aleatoriamente gerado, não havendo a possibilidade de as operações que constituem um determinado *job* serem executadas em máquinas repetidas, ou seja, não existe a possibilidade de re-visitas às máquinas. Não são permitidos *routings* alternativos. Todos os tipos de *jobs* (portanto, todos os

---

<sup>1</sup> A variável discreta *número de ocorrências por unidade de tempo* seguirá uma distribuição de *Poisson* quando se verificarem as quatro condições seguintes: i) o número de eventos que ocorrem em dois intervalos disjuntos são independentes entre si, ii) a distribuição do número de ocorrências em cada intervalo é a mesma para todos os intervalos, iii) a probabilidade de ocorrer um evento num intervalo qualquer de amplitude  $\Delta t$  arbitrariamente pequena é  $\lambda \Delta t$  e iv) a probabilidade de ocorrerem dois ou mais eventos em qualquer intervalo de amplitude  $\Delta t$  arbitrariamente pequena é aproximadamente igual a zero. Apesar de o número de ordens que chegam em dois intervalos de tempo disjuntos poderem não ser totalmente independentes entre si, a distribuição de *Poisson* continua a ser apropriada pois possui diferentes causas para a ocorrência de chegadas, causas essas aproximadamente independentes. De acordo com Medhi (1991), será razoável postular que um processo de chegadas de ordens de encomenda a uma empresa é a superposição de um número de processos que são estatisticamente independentes. Logo, a distribuição de *Poisson* é adequada no presente estudo.

*routings*) são igualmente prováveis. As ordens dos clientes (*jobs*) chegam sempre em lotes de uma unidade.

Quando um *job* chega ao sistema, o número de máquinas que irá visitar (número de operações que constituem um *job*) é determinada de acordo com uma distribuição uniforme no intervalo [1, 6], portanto, um *job* pode ser constituído por uma a seis operações. O número de *routings* possíveis e, portanto, a variedade de produtos que podem chegar à empresa, irá ser de 1 956 (todas as combinações possíveis se visitar um qualquer número de máquinas entre 1 e 6).

Cada máquina tem uma probabilidade igual de ser a primeira na sequência e existe subsequentemente uma probabilidade igual de que o *job* vá para uma das outras 5 máquinas ou esteja terminado. Depois de uma máquina ser especificada no percurso de um *job*, não será seleccionada novamente.

O tempo de processamento de uma operação segue uma distribuição exponencial de média 1,5 horas, que é igual para todas as máquinas. A maioria dos modelos analíticos descritos na literatura pressupõem que o tempo de serviço é caracterizado por uma distribuição exponencial. O tempo de *set-up* e o tempo de movimentação das ordens estão incluídos no tempo de processamento de uma operação. Isto significa que o tempo de preparação das máquinas é independente da sequência de processamento, e que estas estão colocadas de forma a que o tempo de deslocação entre elas é negligenciável (porque o *layout* é o mais adequado, por exemplo), ou é sempre mais ou menos equivalente.

As condições do *job shop* (valores médios para o tempo entre chegadas de ordens, para o tempo de processamento, número de máquinas, etc.) devem conduzir a uma taxa global de utilização da *shop* (em equilíbrio - *steady state*) de aproximadamente 87,5% (valor que é consistente com a maioria da investigação passada).

Como foi referido anteriormente, um modelo de simulação é uma forma simplificada de representação da realidade, por isso surge a necessidade de efectuar alguns pressupostos, para além dos acabados de mencionar:

- a chegada de uma encomenda pode ocorrer em qualquer altura,

- as encomendas chegam directamente dos clientes (sendo aceites ou não) e, quando prontas, são enviadas directamente para o cliente, se tiver chegado a *due date*,
- pode ser lançado um qualquer número de ordens da *pre shop pool*, em qualquer momento, desde que autorizado pelo mecanismo de lançamento,
- não existe a possibilidade de expedição de uma encomenda antes da sua data de entrega,
- quando uma encomenda está terminada, se ainda não tiver chegado a sua data de entrega, é colocada no armazém de produtos acabados,
- quando um *job* é lançado, os materiais necessários para o seu processamento estão disponíveis,
- a possibilidade de avaria das máquinas não é explicitamente considerada (portanto, pressupomos que as máquinas são fiáveis),
- toda a informação utilizada considera-se perfeita e exacta.

Apresentamos, ainda, o algoritmo acerca das características dos *jobs* e condições experimentais.

```

Create (Entity Type, Ordens ~ Poisson (1))
Next (Assign, Nmaquinas ~ DISC (1, Prob == 1/6; 2, Prob == 1/6; 3, Prob == 1/6;
      4, Prob == 1/6; 5, Prob == 1/6; 6, Prob == 1/6)
      ContaMaquinas == 0,
      For j == 1 to 6,
          Passou máquina j == False
      Next j
      Tempo médio processamento ~ Exponencial (1,5 h))
Next (Determinação da data de entrega, TWK)
Next (Decisão de aceitação, AT, TAF ou NEDE)
Next (Decisão de lançamento, IMR, BIL, MIL ou CIOP)
Next (Decide n-way by chance, Qual a proxima máquina a visitar?, Prob == 1/6)
For NMaquinas = 1 to i
    If Passou máquina i== False, Then Vai para fila da máq. i,
        Next (Decisão de dispatching, FCFS ou EDD)
        Next (Process, Tempo de processamento na máq. i)
        Next (Assign, Passou máquina i == True)
    End If
Next NMaquinas

```

#### 4. 4. Computação do modelo

Para desenvolver o modelo de simulação em computador, existem basicamente duas abordagens possíveis: linguagens de simulação (SLAM, SIMAN, SIMFACTORY, ARENA, ...) e linguagens de programação em geral (C, Basic, Fortran, ...). Este estudo de simulação irá ser conduzido utilizando a linguagem de simulação ARENA. A decisão de utilizar uma linguagem específica é baseada nas próprias características disponíveis nessas linguagens: o tratamento dos eventos e do tempo de simulação, a lógica de simulação para as entidades e estados, a geração de números aleatórios, a facilidade de inicialização do modelo, facilidade no esboço, na análise dos resultados, na geração de relatórios e outras vantagens de controlo, por exemplo, a existência de mensagens de detecção de erros.

Apesar das linguagens de programação gerais permitirem uma maior flexibilidade na modelação, as rotinas e características que acima se referiram já estão definidas nas linguagens específicas, o que resulta na poupança de tempo em escrever essas rotinas e no evitar de erros muitas vezes difíceis de detectar.

Para representar as situações descritas nas 3 regras de aceitação/rejeição das ordens (AT, TAF e NEDE), nos 4 mecanismos de lançamento (IMR, BIL, MIL e CIOP) e nas 2 regras de *dispatching* (FCFS e EDD) foram construídos 24 modelos de simulação. Mas como são testados 4 níveis de aperto da *due date* (diferentes valores para o parâmetro  $k_{TWK}$ ) para cada um dos 24 modelos, existem 96 factores experimentais que serão analisados e nos permitirão comparar o desempenho das diferentes regras em diversos cenários. O Quadro 4.4. sintetiza os 24 modelos referidos.

O apêndice B contém os esquemas resultantes da utilização do *software* de simulação ARENA para se traduzir as diferentes regras de decisão (e posteriormente, compará-las e avaliá-las em termos das medidas de desempenho consideradas). Começa-se por apresentar o modelo global com os módulos comuns e, depois, apresentam-se as diferentes regras de aceitação, negociação ou rejeição, os vários mecanismos de lançamento e as regras de *dispatching*.

AT	IMR	FCFS
		EDD
	BIL	FCFS
		EDD
	MIL	FCFS
		EDD
CIOP	FCFS	
	EDD	
TAF	IMR	FCFS
		EDD
	BIL	FCFS
		EDD
	MIL	FCFS
		EDD
CIOP	FCFS	
	EDD	
NEDE	IMR	FCFS
		EDD
	BIL	FCFS
		EDD
	MIL	FCFS
		EDD
CIOP	FCFS	
	EDD	

Quadro 4.4. Modelos básicos da simulação

#### 4. 5. Verificação e validação

A verificação refere-se ao processo de confirmação que o modelo de simulação está correctamente traduzido num programa de computador. A validação, por outro lado, destina-se a apurar se o modelo representa o comportamento do sistema real. De acordo com Pidd (1992), é na validação do modelo que residem os problemas mais difíceis das técnicas de simulação. As simplificações e os pressupostos incluídos no modelo, não permitirão representar exactamente o sistema real. O mais importante é que o modelo de simulação se comporte aproximadamente como o sistema existente.

A verificação do modelo é relativamente simples nas linguagens de simulação, como o ARENA, pois já incluem um sistema de mensagens de detecção de erros na programação. Assim, por exemplo, quando uma variável é introduzida indevidamente, quando o sistema entra em ciclo ou quando falta a especificação de algum atributo, o programa emite uma mensagem, alertando para o facto em causa e indicando onde se encontra a falha.

Para se efectuar a validação do modelo de simulação desenvolvido no ARENA, foram efectuadas simulações dos vários modelos e comparados os resultados obtidos nas regras de decisão já conhecidas na literatura (por exemplo, os mecanismos BIL, MIL ou EDD) ou utilizadas como *benchmark* (por exemplo a aceitação total, o lançamento imediato ou a regra *first come, first served*). Como se conhece o comportamento do sistema quando se utilizam estas regras de decisão, analisaram-se cuidadosamente as medidas de desempenho obtidas de forma a averiguar se os resultados estão de acordo com o esperado; assim, pode-se concluir se o modelo de simulação traduz, o mais fielmente possível, o sistema real.

#### **4. 6. Condições (*design*) experimentais**

O capítulo 5 descreve detalhadamente a escolha dos parâmetros assim como todas as condições experimentais e as análises prévias.

#### **4. 7. Experimentação**

A experimentação tem como principais objectivos determinar a relação existente entre as variáveis controláveis e incontroláveis, comparar as diferentes políticas de controlo e avaliar o comportamento do sistema. O capítulo 6 descreve este passo em detalhe.

#### **4. 8. Análise dos resultados e conclusões**

Nesta fase, resumem-se os principais resultados, que são interpretados e relacionados com os objectivos da presente investigação, o qual constitui a parte final do capítulo 6 e o capítulo 7.

## Capítulo 5

### Condições experimentais

O capítulo 5 descreve em detalhe a escolha dos parâmetros, assim como todas as condições experimentais e as experiências prévias. Começa-se por fazer a descrição dos procedimentos adoptados na simulação quanto à sua duração, ao período de aquecimento do modelo e à estimação da média da amostra. São apresentados os parâmetros envolvidos no modelo, indicados os valores adoptados para estes e os procedimentos seguidos na sua escolha. O capítulo termina com a apresentação dos estudos preliminares efectuados no sentido de validar os resultados do modelo.

#### 5. 1. Procedimentos adoptados na simulação

O principal objectivo da simulação por computador é permitir uma melhoria no sistema que está a ser simulado. Por isso, o *output* da simulação deve ser interpretado com cuidado, devido ao risco de se tomarem decisões erradas. Pressupondo que o modelo de simulação é considerado válido e que o programa de computador foi verificado, restam ainda algumas dificuldades na simulação devido aos elementos aleatórios que nela estão presentes. A mesma configuração com diferentes conjuntos de números aleatórios irá produzir resultados diferentes, ainda que só ligeiramente. Daí ser importante distinguir

claramente entre os efeitos de variações na amostra (devido ao facto de, por exemplo, as chegadas e o atendimento seguirem determinadas distribuições de probabilidade) e os efeitos de alteração na configuração do sistema (mais ou menos máquinas, um ou outro tipo de regra de decisão, etc.).

### **5. 1. 1. Equilíbrio do sistema. Fase de aquecimento do modelo.**

Um aspecto importante a ter em consideração na simulação é a distinção entre o comportamento do sistema na fase transiente e em equilíbrio (*steady state*). Muitos dos efeitos transientes devem-se às condições iniciais da simulação, por exemplo, quando se começa a operar o *job shop*, este pode estar sem trabalhos pendentes, com as máquinas desocupadas. Existem vários métodos para lidar com a questão das condições iniciais. Recorrendo a Law e Kelton (2000), verificamos que a consequência mais séria do problema da fase inicial é que, muito provavelmente, a média transiente não coincide com a média de equilíbrio. A técnica mais frequentemente sugerida para lidar com este problema é designada por aquecimento do modelo (*warming up the model*) ou eliminação dos dados iniciais (*initial data deletion*).

No presente estudo, para determinar o período de aquecimento, efectuaram-se simulações com duração desde 8 até 50 000 horas, e compararam-se os valores obtidos para diferentes medidas ao longo do tempo de simulação. Pela análise dos gráficos apresentados na Figura 5.1., podemos ver que, no caso da percentagem de utilização das diferentes máquinas, o sistema atinge o estado estacionário por volta das 2 000 horas. No que respeita à percentagem de ordens terminadas até à data de entrega, o sistema estabiliza ligeiramente mais tarde, após cerca de 2 800 horas de simulação. Na medida referente ao tempo total de fluxo, o sistema atinge o *steady state* mais tarde, sensivelmente após as 4 000 horas. O modelo utilizado para a obtenção destas simulações foi o mais simples (AT-IMR-FCFS, com um  $k_{TWK}$  de 4,6), sendo que uma alteração do valor dos parâmetros não influencia significativamente o momento em que o sistema atinge o estado estacionário. No entanto, para assegurar que quaisquer efeitos transientes foram eliminados, iremos considerar um período de aquecimento de 10 000 horas.

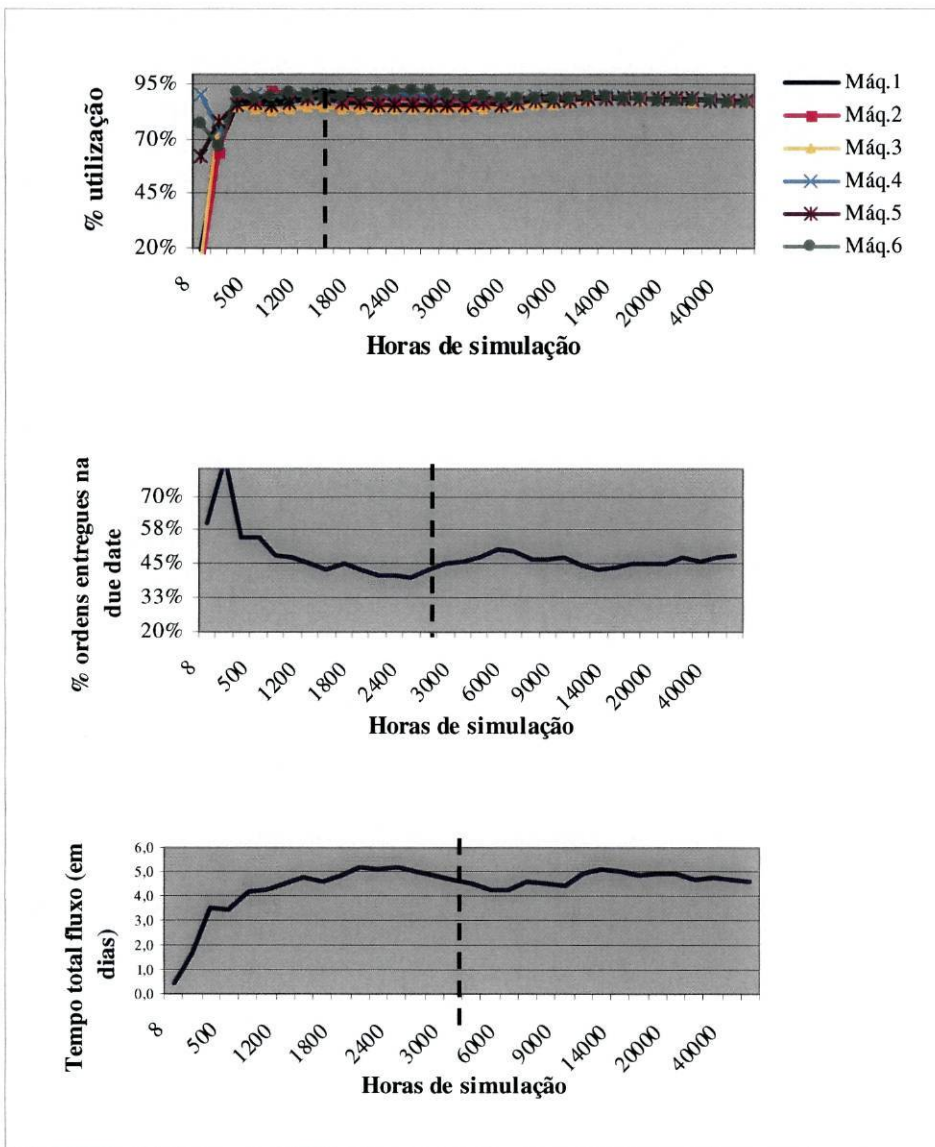


Figura 5.1. Determinação do estado de equilíbrio no modelo de simulação

### 5. 1. 2. Sistemas contínuos e sistemas cessantes

Outro aspecto importante na análise dos resultados da simulação é a distinção entre os sistemas que podem, em princípio, ser simulados por um período infinito (*non-terminating systems*) e aqueles que terminam devido à ocorrência de um determinado evento (*terminating systems*). Os sistemas ininterruptos/contínuos não possuem condições iniciais de simulação fixas nem existe um determinado acontecimento que marca o fim natural da simulação (é o caso da simulação de um aeroporto civil). Nos *terminating systems*, o sistema tem que estar vazio quando se inicia a simulação (como acontece no caso de um hipermercado ou de um banco), e esta termina quando chega a hora de encerramento.

A maior parte dos sistemas de produção podem ser incluídos, no que se refere à análise do *output*, na simulação de *non-terminating systems*. O trabalho em curso que fica no final de um dia é mantido até ao dia seguinte, sendo, então, recomeçado o seu processamento. Os sistemas ininterruptos geralmente possuem uma fase transiente inicial tendo, após o decorrer desse período, um comportamento estável. De forma a eliminar o enviesamento inicial introduzido pelo período transiente, os dados recolhidos durante esse período serão eliminados, começando a ser registados, para efeitos de obtenção de estatísticas, após essa fase de aquecimento.

### **5. 1. 3. Estimação da média da amostra**

Na investigação em curso pretende-se estimar, através da simulação, valores para as várias medidas de desempenho indicadas no capítulo anterior.

A estimação é normalmente mais simples quando as observações são independentes e identicamente distribuídas. Nestes casos, o teorema do limite central pode ser usado para estimar os limites de confiança das variáveis aleatórias. Mas, em muitos estudos de simulação, os resultados não são mutuamente independentes; isto é, as observações de uma variável podem estar auto-correlacionadas. Por exemplo, o tempo de espera da ordem de encomenda  $n$  pode depender, de alguma forma, do tempo de espera das ordens anteriores. Ainda, uma vez que cada observação da simulação é uma amostra da população infinita, uma só observação não irá transmitir a magnitude do possível erro decorrente da aleatoriedade. Logo, são necessárias múltiplas observações para estimar, de forma credível, a média.

Uma forma evidente de lidar com o problema da auto-correlação dos resultados é efectuar várias repetições (réplicas) na mesma simulação. Das seis abordagens apresentadas por Law e Kelton (2000) é esta a técnica que eles consideram mais indicada para estimar a média de equilíbrio. Na presente investigação iremos adoptar a técnica da repetição da simulação (*replication*), apesar da abordagem de constituição de lotes de observações (*batching*) também ser frequentemente utilizada. No primeiro método para estimar a variância da média, esta é determinada efectuando múltiplas “corridas” independentes de simulação, cada uma resultando em uma observação da medida de desempenho. Assegura-se assim que as réplicas serão independentes umas

das outras. No entanto, esta técnica tem a desvantagem de ter que descartar os dados referentes ao período de aquecimento em todas as réplicas. No segundo método são recolhidas múltiplas observações, efectuando-se uma só “corrida” de simulação de duração alongada do modelo de simulação dividindo, depois este período alongado em lotes, fornecendo cada um desses lotes uma observação da medida de desempenho. A principal vantagem deste método é que as estatísticas referentes ao período inicial de transição são eliminadas só uma vez. No entanto, este método tem o problema de haver necessidade de se definir a dimensão apropriada de cada lote de observações e quantos lotes, de forma a garantir a independência entre eles.

Uma vez definido o método de recolha de observações de forma a tornar os dados confiáveis, resta estabelecer qual a duração de cada simulação e quantas réplicas de cada uma efectuar. Cada simulação irá ser realizada pelo período de 100 000 horas, iniciando-se o período de recolha de estatísticas ao fim de decorridas 10 000 horas (assumindo um horário de funcionamento de 40 horas por semana e 50 semanas por ano, isto equivale a 45 anos de actividade). Irão ser efectuadas 10 réplicas independentes para cada combinação de factores. Todos os valores estatísticos serão apagados entre cada réplica. A escolha da duração da simulação e do número de réplicas teve por base estudos anteriores na mesma área (por exemplo, Melnyk e Ragatz (1989) e Hendry e Wong (1994)), e as indicações presentes em Law e Kelton (2000)).

## **5. 2. Parâmetros envolvidos no modelo**

No modelo de simulação, as decisões de aceitação/rejeição são efectuadas assim que ocorre a chegada de uma ordem. As decisões de lançamento são feitas no início de cada dia, em função do mecanismo de lançamento que está a ser utilizado. Se, durante o dia, se cumprir um dos critérios de lançamento de um *job*, este terá que aguardar até ao início do dia seguinte. Esta situação poderá ocorrer quando a quantidade de trabalho na fila de determinada máquina está abaixo um determinado nível mínimo. Uma vez lançado para o *shop floor*, o *job* movimenta-se de uma máquina para outra controlado pela regra de *dispatch* em uso. Quando todo o processamento estiver completo, o *job* é colocado no armazém de produtos acabados até que chegue a sua *due date* (se ainda não tiver ocorrido).

Existem vários parâmetros que têm que ser definidos e que se referem a factores de planeamento; por exemplo, a definição de datas de entrega mais ou menos folgadas ou a determinação dos limites máximos de carga para ocorrer a rejeição de uma ordem. Assim, teremos que definir o conjunto de parâmetros associados às regras de aceitação/rejeição de ordens e de definição da *due date* e aos mecanismos de lançamento de ordens. O Quadro 5.1. resume os parâmetros que têm que ser definidos.

		<b>Parâmetros</b>		
Regras de aceitação/rejeição	TAF: Trabalho actual e futuro	$L_{Max}$	Limite máximo de carga (horas)	Ordens que estão no <i>shop floor</i> e na <i>pre shop pool</i>
	NEDE: Carga total e <i>due date</i> prometida	$L_{2Max}$	Limite máximo de carga (horas)	Ordens que estão no <i>shop floor</i> e na <i>pre shop pool</i>
		$Mn$	Margem de negociação	Percentagem permitida ultrapassar o $L_{2Max}$ , para haver negociação
		AA	Aceitação do alargamento	Percentagem de clientes que aceita o alargamento da data de entrega
		Fdd	Folga adicional da <i>due date</i>	Nº de dias de alargamento da data de entrega
Técnicas <i>due date</i>	TWK: <i>Total work content</i>	$k_{TWK}$	Factor de planeamento	Constante do tempo de processamento
Mecanismos de lançamento de ordens	BIL: <i>Backward infinite loading</i>	$k_{BIL}$	Factor de planeamento	Constante do número de operações do <i>job</i>
	MIL: <i>Modified infinite loading</i>	$k_{1MIL}$	Factor de planeamento	Constante do número de operações do <i>job</i>
		$k_{2MIL}$	Factor de planeamento	Constante do nº de trabalhos na fila das máquinas, no <i>routing</i> do <i>job</i>
	CIOP: Controlo <i>input output</i> proposto	$k_{CIOP}$	Factor de planeamento	Constante do número de operações do <i>job</i>
		$L_{min}$	Limite mínimo de carga (horas)	Trabalhos que se encontram na fila de qualquer máquina
		$L_{3Max}$	Limite máximo de carga	Ordens que estão na <i>pre shop pool</i>
		Cap	Aumento da capacidade	Percentagem de aumento da capacidade das máquinas

Quadro 5.1. Parâmetros a definir no modelo de simulação

De modo a determinar o valor para cada um dos parâmetros, usaremos uma de duas formas: simulações preliminares de diferentes valores para cada um dos parâmetros que

permitam alcançar um certo objectivo (por exemplo, uma percentagem máxima de ordens rejeitadas quando se utiliza uma determinada combinação das regras de decisão), ou reproduzindo o valor escolhido por investigações prévias (e que demonstraram proporcionar bons resultados em algumas medidas de desempenho).

No primeiro caso, ter-se-ão que executar simulações preliminares de forma a encontrar o valor do parâmetro a utilizar na simulação final. As simulações prévias irão ser realizadas pelo período de 100 000 horas, descartando as primeiras 10 000, numa só réplica.

### **5. 2. 1. Parâmetros relativos às regras de aceitação/rejeição de ordens**

A regra de aceitação total (AT) não necessita da definição de qualquer parâmetro. No entanto, teremos que definir os valores dos parâmetros referentes às duas outras regras de aceitação/rejeição. Estes parâmetros têm a ver com o limite de trabalho acumulado que irá implicar uma aceitação ou uma rejeição.

No mecanismo de decisão da aceitação ou rejeição designado por TAF, fixou-se o parâmetro  $L_{max}$  (limite máximo de carga) em 12 dias, que corresponde, no modelo em que se utilizam as regras de decisão mais simples (a regra trabalho actual e futuro, o lançamento imediato e a regra *first come first served*), a uma percentagem média de ordens rejeitadas de 5%. Verificou-se ainda que a percentagem de ordens rejeitadas é praticamente insensível à variação do parâmetro  $k_{TWK}$  da regra de determinação da *due date*.

Na regra de aceitação/rejeição proposta (NEDE), o limite máximo de carga ( $L_{2Max}$ ) irá depender da data de entrega e do número de máquinas da ordem de encomenda. Na realidade, quanto maior o desfasamento entre a data de entrega da ordem e a data actual, maior o tempo disponível para executar a ordem e, portanto, maior a possibilidade de entregar a tempo (e, por isso, mais elevada deverá ser a probabilidade de aceitação). Por outro lado, quanto maior o número de máquinas a visitar, maior irá ser a carga de trabalho necessária para a executar; se o *job shop* estiver com alguma desocupação, a ordem deverá ter uma elevada probabilidade de ser aceite. No entanto, se a taxa de

ocupação for elevada, as ordens que vão visitar mais máquinas deverão ter uma menor probabilidade de serem aceites. Fixou-se o parâmetro  $L_{2Max}$  em:

$$L_{2Max} = \frac{89*(due\ date - data\ actual)}{\text{Número de máquinas que fazem parte do } routing}$$

que corresponde a uma percentagem média de ordens rejeitadas de 5% (quando se utiliza a combinação de regras mais simples - NEDE-IMR-FCFS, com um  $k_{TWK} = 4,6$ ).

A regra NEDE permite a negociação da data de entrega quando, tendo aquele limite sido ultrapassado, não exceder a percentagem correspondente à margem de negociação (Mn). Pretende-se que uma pequena ultrapassagem do limite máximo não implique de imediato a rejeição de um *job*. De forma a não sobrecarregar demasiado o *shop floor* considera-se uma margem de negociação de 10%.

A percentagem de clientes que aceita o alargamento da data de entrega proposta pela empresa (AA), depende do mercado onde os clientes se inserem. Iremos considerar que com uma probabilidade de 70% o cliente aceita o adiamento (isto significa que 70% dos clientes são “tolerantes”). O número de dias de alargamento da data de entrega (folga adicional da *due date* - Fdd), irá depender da própria data de entrega. Em nossa opinião, um valor absoluto para a folga não faz sentido (um alargamento de 2 dias num prazo de 80 dias é completamente diferente de o mesmo alargamento num prazo de 10 dias - no primeiro caso temos uma extensão de 2,5% do prazo, enquanto que no segundo caso temos um aumento de 20% do prazo). Iremos considerar uma folga adicional de 5%. Esta percentagem não pode ser muito elevada, pois está, de alguma forma, relacionada com a percentagem de clientes que são “tolerantes” (e neste estudo, atribuímos uma percentagem elevada aos clientes que aceitam o alargamento).

## 5. 2. 2. Parâmetros referentes à técnica de definição da data de entrega

Os parâmetros relativos às regras de definição da *due date*, devem ser escolhidos de forma a que a data de entrega seja, por um lado, competitiva e por outro realista. É importante que seja competitiva de forma a ser aceitável pelo cliente, mas deve também ser realista em termos da capacidade de produção do *shop floor*. Uma vez que as regras NOP e PWT podem ser facilmente (por manipulação algébrica) transformadas numa

versão da regra TWK vamos utilizar somente o mecanismo TWK, com vários níveis para o seu parâmetro de planeamento.

Vários estudos (por exemplo, Melnyk e Ragatz (1989)) investigam o impacto de diversos níveis de aperto da *due date* na percentagem de *jobs* atrasados – esses níveis são analisados atribuindo valores diferentes ao parâmetro  $k_{TWK}$  da regra de definição da data de entrega e procuram incluir um intervalo amplo de valores que variam entre datas muito apertadas (portanto em que o aspecto competitivo adquire maior importância) e *due dates* muito folgadas (assumindo especial relevância o aspecto relativo à utilização folgada da capacidade).

Na presente investigação, considerou-se os seguintes valores a atribuir ao parâmetro  $k_{TWK}$ :

Parâmetro da regra TWK	Percentagem média de atrasos
$k_{TWK} = 4,6$	50%
$k_{TWK} = 12,9$	25%
$k_{TWK} = 38$	10%
$k_{TWK} = 77,7$	5%

Quadro 5.2. Valores a utilizar para o parâmetro  $k_{TWK}$

A cada um daqueles valores de  $k_{TWK}$ , corresponde a percentagem de *jobs* atrasados indicados no Quadro 5.2. (quando se utilizam as regras mais simples de decisão, portanto a aceitação total, o lançamento imediato e a regra *first come first served*).

### 5. 2. 3. Parâmetros correspondentes aos mecanismos de lançamento de ordens

O mecanismo de lançamento imediato (IMR) não necessita da definição de nenhum parâmetro. No entanto, os outros mecanismos de lançamento utilizados incluem diversos parâmetros que têm que ser definidos: os factores de planeamento ( $k$ 's) e os limites máximo e mínimo de carga. É muito importante a definição destes parâmetros de forma a possibilitar a comparação entre os diferentes mecanismos de lançamento.

No que diz respeito ao mecanismo BIL, o parâmetro  $k_{BIL}$  desempenha a função de transformar o número de operações numa boa estimativa do tempo de fluxo. Neste estudo, e tendo como referência o modelo mais simples que utiliza este mecanismo

(AT-BIL-FCFS), iremos apoiar-nos no valor equivalente ao parâmetro presente na investigação de Rashdi (1996), dado que o seu uso mostrou ter um bom desempenho em termos de custos. Consideramos, assim, um parâmetro  $k_{BIL}$  de 2,9 dias. Um procedimento semelhante é adoptado para determinar o  $k_{BIL}$  quando a regra de sequenciamento utilizada é a EDD.

Regra de sequenciamento	Parâmetro da regra BIL
FCFS	$k_{BIL} = 2,9$
EDD	$k_{BIL} = 3$

Quadro 5.3. Valores a utilizar para o parâmetro  $k_{BIL}$

Existe ainda uma outra justificação para o emprego daqueles valores no parâmetro referente à regra de lançamento BIL. De facto, quando o  $k_{BIL} = 2,9$  dias (em sequenciamento FCFS) e 3 dias (em EDD), as medidas de desempenho (em termos de percentagem de atrasos, por exemplo) assumem valores próximos, quer se empregue o mecanismo de lançamento BIL quer o lançamento imediato. Esta situação é importante para assegurarmos que os modelos partem de um ponto comum, e portanto todas as diferenças encontradas posteriormente são devidas ao mecanismo em si e não aos valores dos parâmetros utilizados.

Quanto à regra de lançamento MIL, o tempo que um *job* vai demorar no *shop floor* é decomposto em duas parcelas: o tempo de processamento do *job* e o tempo de espera em fila. Temos que definir então dois parâmetros – o  $k_{1MIL}$  e o  $k_{2MIL}$ . O primeiro diz respeito ao tempo de processamento do *job*, enquanto que o segundo se refere ao tempo médio dos *jobs* que se encontram na fila dos centros de trabalho que fazem parte do *routing*. Tal como no mecanismo de lançamento BIL, na presente investigação iremos utilizar os valores correspondentes aos parâmetros apurados na investigação de Rashdi (1996). O valor a atribuir a  $k_{1MIL}$  e  $k_{2MIL}$  irá depender da regra de sequenciamento utilizada no interior do *shop floor*, conforme o Quadro 5.4..

Regra de sequenciamento	Parâmetros da regra MIL	
FCFS	$k_{1MIL} = 2,25$	$k_{2MIL} = 0,0875$
EDD	$k_{1MIL} = 2,25$	$k_{2MIL} = 0,075$

Quadro 5.4. Valores a utilizar para os parâmetros  $k_{1MIL}$  e  $k_{2MIL}$

À semelhança do que acontece com os parâmetros do mecanismo BIL, estes valores permitem que o desempenho tenha resultados bastante aproximados quer se empregue o mecanismo de lançamento MIL, BIL ou IMR.

Para efectuar o controlo do *input* e do *output*, no mecanismo de lançamento proposto nesta tese (CIOP), é necessário definir o parâmetro referente ao cálculo da data mais tarde de lançamento ( $k_{CIOP}$ ), o limite mínimo de carga na fila de qualquer máquina ( $L_{min}$ ) e o limite máximo de carga relativo às ordens que se encontram na *pre shop pool* ( $L_{3Max}$ ).

O  $k_{CIOP}$  deverá ser representativo do tempo médio de fila em qualquer máquina (pois vai ser multiplicado pelo número de máquinas que constituem o *routing* da ordem), que depende do tempo médio de processamento de uma operação (1,5 horas) e do número de *jobs* em fila. Tal como nos parâmetros  $k_{BIL}$ ,  $k_{1MIL}$  e  $k_{2MIL}$  o valor a atribuir a  $k_{CIOP}$  irá depender da regra de sequenciamento utilizada no interior do *shop floor*, conforme a tabela seguinte:

Regra de sequenciamento	Parâmetros da regra CIOP
FCFS	$k_{CIOP} = 3,8$
EDD	$k_{CIOP} = 5,5$

Quadro 5.5. Valores a utilizar para o parâmetro  $k_{CIOP}$

O limite mínimo ( $L_{min}$ ) deverá ser escolhido de forma a que não se desaproveite capacidade “tão valiosa” no caso dos *job shops*. Assim, sempre que não exista trabalho na fila (portanto o tempo de processamento total das ordens que estão na fila seja de zero) é despoletado um lançamento. O parâmetro  $L_{3max}$  (limite máximo de carga na fila) irá ser definido tendo em atenção a quantidade de trabalho já aceite e à espera de lançamento correspondente a 2 dias (de trabalho). Quando este valor for ultrapassado, o número de horas disponíveis em cada máquina será aumentado em determinada

percentagem. Vamos assumir uma percentagem de 12,5% pois corresponde a um aumento de uma hora no tempo diário de funcionamento de cada máquina.

O Quadro 5.6. sintetiza os valores atribuídos aos diferentes parâmetros.

Parâmetros		Valor
$L_{Max}$	Limite máximo de carga (horas)	12 dias
$L_{2Max}$	Limite máximo de carga (horas)	$[89*(DD - AD)]/n^{\circ}$ maquinas
Mn	Margem de negociação	10% do $L_{2Max}$
AA	Aceitação do alargamento	70%
Fdd	Folga adicional da <i>due date</i>	5% da DD
$k_{TWK}$	Factor de planeamento	4,6 – 12,9 – 38 – 77,7
$k_{BIL}$	Factor de planeamento	2,9 (FCFS) 3 (EDD)
$k_{1MIL}$	Factor de planeamento	2,25 (FCFS ou EDD)
$k_{2MIL}$	Factor de planeamento	0,0875 (FCFS) 0,075 (EDD)
$k_{CIOP}$	Factor de planeamento	3,8 (FCFS) 5,5 (EDD)
$L_{min}$	Limite mínimo de carga (horas)	0
$L_{3Max}$	Limite máximo de carga	2 dias
Cap	Aumento de capacidade (%)	12,5%

Quadro 5.6. Parâmetros do modelo de simulação

### 5. 3. Estudos preliminares sobre o comportamento do sistema

Nesta secção procura-se conduzir uma série de experiências que, sendo de natureza puramente exploratória, têm como objectivo investigar como o sistema se comporta quando se utilizam regras “de referência” (na realidade, a ausência de controlo da decisão) e quando se empregam os mecanismos já estudados na literatura. Estas análises preliminares permitem-nos verificar se o sistema se está a comportar conforme o esperado nas regras para as quais se conhece como o sistema reage e, desta forma, validar o modelo de simulação construído.

Para verificar se os resultados são de acordo com o esperado, foram realizadas simulações pelo período de 100 000 horas, descartando as primeiras 10 000. Foram ainda seleccionadas algumas medidas de desempenho para avaliar o sistema. Aquelas

que, em nossa opinião, irão validar de forma mais vasta (mas não exaustiva) os resultados preliminares são:

- o adianto médio (tempo médio de permanência no armazém de produtos acabados, em dias),
- o atraso médio (em dias),
- o tempo médio de permanência no sistema (calculado como a soma dos tempos médios de permanência na *pre shop pool*, de processamento, de espera em fila no interior do *shop floor*, e de permanência no armazém de produtos acabados, em dias),
- a percentagem média de atrasos,
- a percentagem média de utilização das máquinas, e
- a percentagem de ordens rejeitadas (só no caso da comparação em que exista a decisão de aceitação/rejeição).

### 5. 3. 1. Quando se utilizam regras *benchmark* (AT, IMR e FCFS)

É de esperar que a ausência de controlo na aceitação, no lançamento e no *dispatching*, tenha um determinado impacto nas medidas de desempenho quando se está perante datas de entrega mais próximas ou mais distantes. O Quadro 5.7. mostra os resultados obtidos para as seis medidas de desempenho quando se utilizam diferentes valores para o parâmetro  $k_{TWK}$ . Valores distintos de  $k_{TWK}$  conduzem à definição de datas de entrega mais “apertadas” (no caso de  $k_{TWK} = 4,6$ ) ou mais “folgadas” (quando fazemos  $k_{TWK} = 77,7$ ). Iremos também considerar valores intermédios para aquele parâmetro ( $k_{TWK} = 12,9$  e  $k_{TWK} = 38$ ).

À medida que a data de entrega se torna mais distante (portanto, o parâmetro  $k_{TWK}$  vai aumentando de valor), o adianto médio (medido como a diferença entre a data de entrega prometida e a data de conclusão do processamento) aumenta. Como o tempo médio de processamento das ordens se mantém e a data de entrega ao cliente ocorre mais tarde, é de esperar que exista um maior tempo de permanência da encomenda à espera de ser entregue, após a sua conclusão.

Medidas de desempenho	Parâmetro da regra de definição da <i>due date</i>			
	$k_{TWK} = 4,6$	$k_{TWK} = 12,9$	$k_{TWK} = 38$	$k_{TWK} = 77,7$
Adianto médio (em dias)	2,815	8,266	24,675	50,523
Atraso médio (em dias)	3,661	3,526	3,425	3,411
Tempo médio permanência no sistema (em dias)	7,208	12,659	29,068	54,916
Percentagem média de atrasos	49,7%	25,0%	10,0%	5,0%
Percentagem média de utilização máqs.	86,6%	86,6%	86,6%	86,6%
Percentagem de ordens rejeitadas	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Quadro 5.7. Efeito da variação do  $k_{TWK}$  no modelo AT-IMR-FCFS

Uma consequência directa do aumento do número de dias de adianto é o aumento do tempo médio de permanência no sistema. Como estamos perante o modelo com lançamento imediato, o tempo de permanência na *pre shop pool* será sempre de zero, qualquer que seja o valor de  $k_{TWK}$  (consultar os resultados dos testes preliminares apresentados no Quadro C.5. do apêndice C). E como estamos a analisar o modelo com aceitação total e sequenciamento por ordem de chegada, o tempo de processamento e o tempo gasto em fila no *shop floor* não variam com a alargamento da data de entrega prometida (ou seja, são iguais, qualquer que seja o valor de  $k_{TWK}$  – *vide* Quadros C.6. e C.7. do apêndice C). Por isso, o aumento do tempo de permanência das ordens à espera de entrega após a conclusão (portanto em produtos acabados) terá uma implicação de igual montante no tempo médio (total) de permanência no sistema.

No que diz respeito ao atraso médio, podemos observar que quanto mais tarde ocorre a *due date*, menor o atraso na entrega (medido como a diferença entre a data de conclusão do processamento e a data de entrega prometida) e, consequentemente, menor a percentagem média de atrasos. Se a data de entrega negociada com o cliente é mais longínqua, a empresa dispõe de mais tempo entre a data de recepção da encomenda e a sua data de entrega, e portanto o atraso na entrega será menor, daí que tanto o atraso médio como a percentagem média de atrasos observem uma diminuição à medida que o  $k_{TWK}$  aumenta.

A percentagem média de utilização do equipamento corresponde, aproximadamente, ao seu valor teórico (87,5%) pois não existe nenhum mecanismo ou regra que restrinja a livre entrada e/ou circulação das ordens.

Como todas as ordens são aceites, a percentagem de ordens rejeitadas é nula.

Podemos analisar de forma mais clara na Figura 5.2. que o comportamento do sistema, em relação a estas medidas de desempenho, é o esperado.

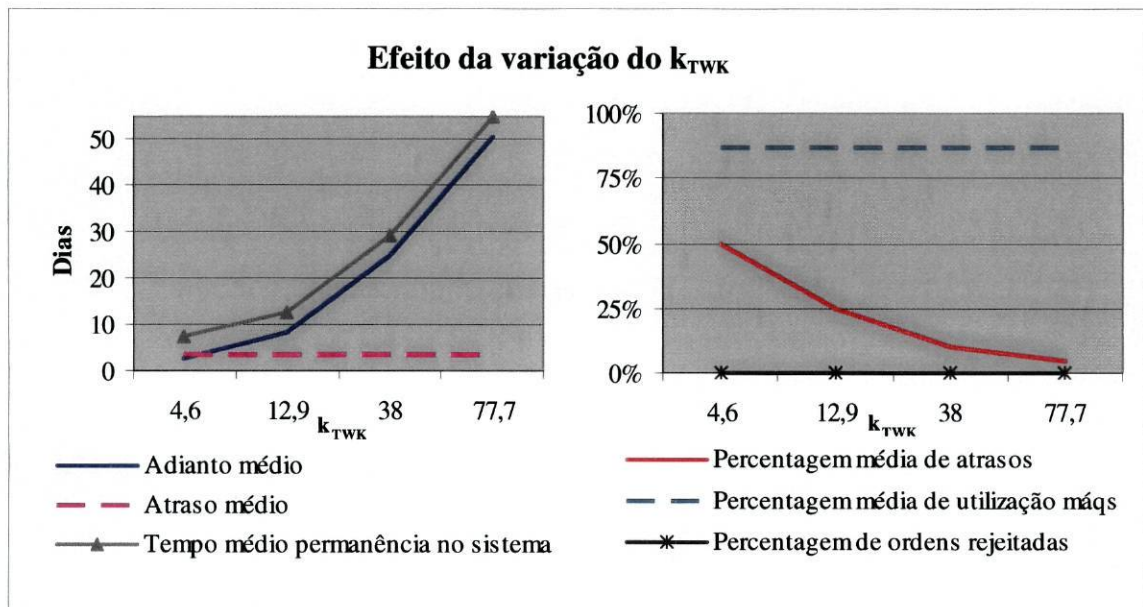


Figura 5.2. Evolução das medidas de desempenho no modelo AT-IMR-FCFS

No que respeita aos mecanismo de decisão *benchmark* podemos incluir, ainda, mais algumas considerações que nos permitiram validar o modelo de simulação construído. Trata-se somente de verificar se os resultados obtidos na simulação dos modelos de decisão estão de acordo com o que é previsível acontecer. Quando o mecanismo de aceitação/rejeição é a aceitação total (AT), a percentagem de ordens rejeitadas é de zero, tal como seria esperado acontecer (ver Quadro C.4 do apêndice C).

Quanto à regra de lançamento de ordens IMR (lançamento imediato), nos modelos que incluem este mecanismo de decisão, o tempo de permanência na *pre shop pool* deveria ser zero, uma vez que quando a ordem é aceite é, de imediato, lançada no *shop floor*. Sempre que o mecanismo de lançamento é o IMR, (para qualquer regra de aceitação,

para as duas regras de *dispatching* e para qualquer valor do  $k_{TWK}$ ) o valor assumido pelo tempo médio de permanência na *pre shop pool* é de zero (Quadro C.5 do apêndice C).

A regra *benchmark* de *dispatching* FCFS só pode ser validada por comparação com a regra EDD, tarefa a que nos dedicamos mais à frente, no ponto 5.3.2.3..

### **5. 3. 2. Quando se utilizam os mecanismos previamente estudados na literatura (TAF, BIL, MIL e EDD)**

Para analisar o comportamento do modelo quando se utilizam as regras previamente estudadas na literatura iremos comparar os resultados das medidas de desempenho nas seguintes combinações:

- Aceitação total (AT) *versus* trabalho actual e futuro (TAF),
- Lançamento imediato (IMR) *versus* carregamento infinito (BIL) e carregamento infinito modificado (MIL),
- Sequenciamento por ordem de chegada (FCFS) *versus* por ordem da data de entrega (EDD).

#### **5. 3. 2. 1. Aceitação total (AT) *versus* trabalho actual e futuro (TAF)**

De forma a comparar os resultados obtidos para as diferentes medidas de desempenho quando se utilizam diferentes regras de aceitação ou rejeição das ordens, foram efectuadas simulações (novamente pelo período de 100 000 horas, descartando as primeiras 10 000) nos modelos AT-IMR-FCFS e TAF-IMR-FCFS. Uma vez que se mantém inalterada a regra de lançamento e a regra de *dispatching*, as alterações observadas nas várias medidas serão somente devidas à utilização da regra de aceitação ou rejeição intitulada aceitação total (AT) e trabalho actual e futuro (TAF). Resta ainda salientar que para isolar os efeitos de forma mais clara, utilizam-se para a decisão de lançamento e de *dispatch* os mecanismos mais simples e correspondentes à “ausência de regra” (o lançamento imediato e a entrada nas máquinas por ordem de chegada).

O Quadro 5.8., apresentado de seguida, resume os valores obtidos.

Medidas de desempenho		Parâmetro da regra <i>due date</i>			
		$k_{TWK} = 4,6$	$k_{TWK} = 12,9$	$k_{TWK} = 38$	$k_{TWK} = 77,7$
Adianto médio	AT	2,815	8,266	24,675	50,523
	TAF	2,653	7,477	22,077	45,157
Atraso médio	AT	3,661	3,526	3,425	3,411
	TAF	1,414	1,400	1,392	1,385
Tempo médio de permanência no sistema	AT	7,208	12,659	29,068	54,916
	TAF	4,488	9,312	23,912	46,992
Percentagem média de atrasos	AT	49,7%	25,0%	10,0%	5,0%
	TAF	16,6%	6,3%	2,2%	1,1%
Percentagem média de utilização	AT	86,6%	86,6%	86,6%	86,6%
	TAF	74,0%	74,0%	74,0%	74,0%
Percentagem de ordens rejeitadas	AT	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	TAF	5,1%	5,1%	5,1%	5,1%

Quadro 5.8. Comparação do efeito da variação do  $k_{TWK}$  nos modelos que utilizam a regra AT versus TAF

Nas duas regras de aceitação ou rejeição, o adianto médio e o tempo médio de permanência no sistema aumentam à medida que a data de entrega definida é mais distante. No entanto, verificamos que na regra TAF, esses valores são sempre inferiores aos da regra AT; e isto porque se existem ordens que são rejeitadas com base na quantidade de trabalho já aceite (mas ainda a aguardar o lançamento) e em processamento, é de esperar que estas terminem mais próximo da sua data de entrega. Ora, se as ordens terminam mais perto da data de entrega definida, o tempo de espera para entrega após a conclusão do processamento (ou seja, o adianto) será, em média, menor.

Como o tempo médio de permanência em produtos acabados (adianto médio) tem um impacto directo no tempo médio de permanência no sistema, este aumentará à medida que o  $k_{TWK}$  vai aumentando. Note-se, no entanto, que a diferença entre o uso da regra de aceitação AT e a TAF na medida de desempenho “adianto médio” é menor que na medida “tempo médio de permanência no sistema”. Este facto deve-se à diminuição verificada também no tempo médio gasto em fila (no interior do *job shop*) quando passamos da AT para a regra TAF (resultado explicitado no Quadro C.7. do apêndice C).

Quanto ao atraso médio podemos verificar que este é sempre inferior na regra TAF em relação à AT: como existem ordens rejeitadas quando a carga de trabalho acumulada atinge um determinado nível, as ordens que são aceites terão maior probabilidade de serem concluídas na data de entrega definida. Estando a *shop*, em média, com menor carga de trabalho na situação TAF do que na aceitação total (corroborando o comportamento observado nos valores da percentagem média de utilização das máquinas), as ordens aceites tenderão a terminar com menos dias de atraso.

Por fim, a percentagem de ordens rejeitadas é de zero (qualquer que seja o valor atribuído ao parâmetro da regra de determinação da *due date*), quando a decisão de aceitação ou rejeição se rege pela regra AT (como esperaríamos que acontecesse). No que diz respeito ao mecanismo TAF, a percentagem de ordens rejeitadas é de 5,1%, para qualquer valor do  $k_{TWK}$ . Recorde-se que, aquando da definição do parâmetro  $L_{max}$  (limite máximo de carga), se pretendia que esse limite assumisse um valor tal que a percentagem média de ordens rejeitadas fosse de 5%.

A Figura 5.3. sintetiza graficamente a evolução das medidas de desempenho nesta situação. Podemos verificar, da sua análise, que nas diversas situações o modelo se comporta de acordo com a direcção esperada a seguir no sistema real.

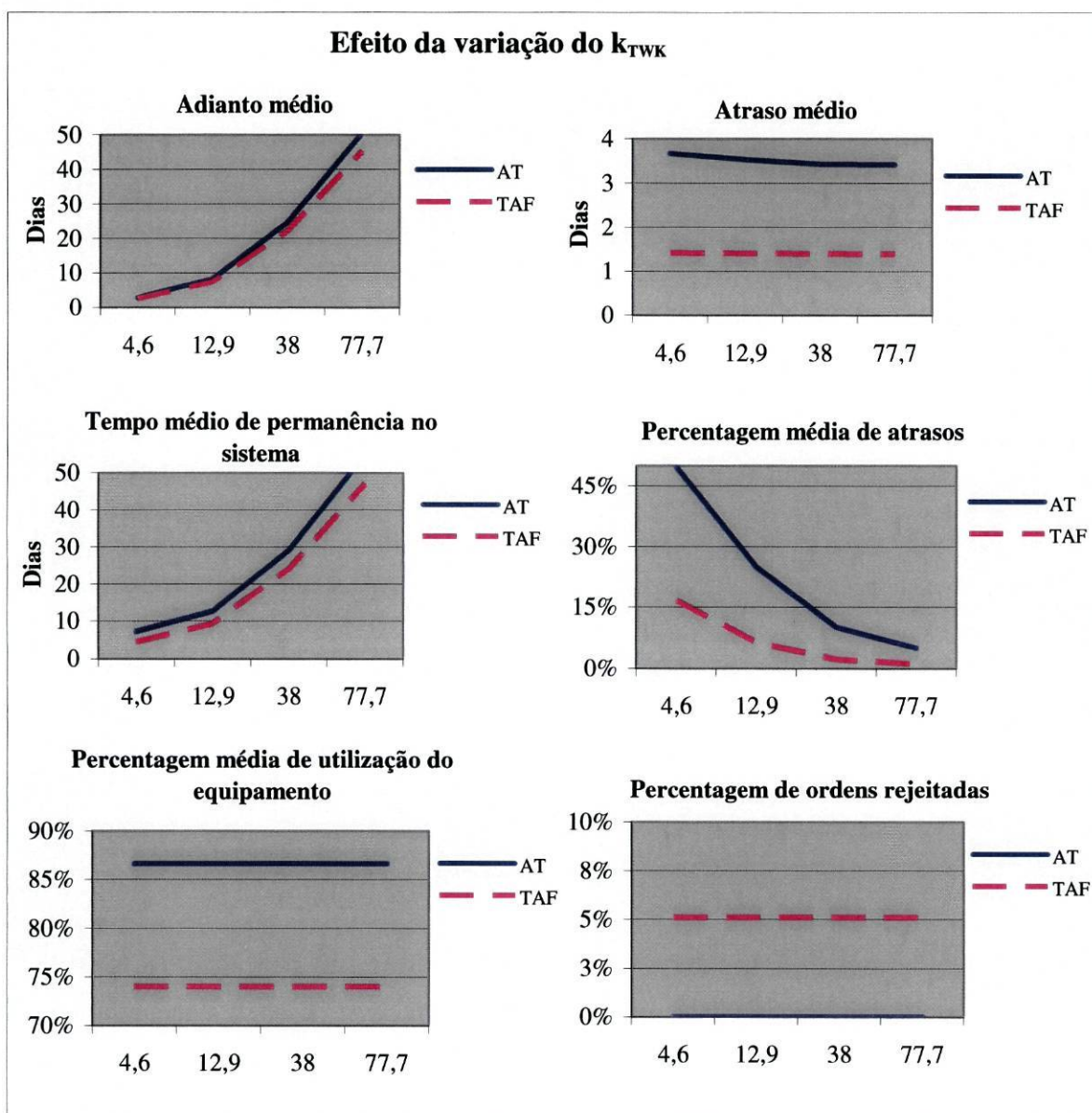


Figura 5.3. Comparação das medidas de desempenho nos modelos que utilizam a regra AT versus TAF

### 5. 3. 2. 2. Lançamento imediato (IMR) versus carregamento infinito (BIL) e carregamento infinito modificado (MIL)

Os resultados obtidos para as várias medidas de desempenho quando se utilizam diferentes regras de lançamento das ordens (previamente estudadas na literatura) encontram-se apresentados no Quadro 5.9.. À semelhança dos pontos anteriores, para a sua obtenção foram efectuadas simulações (de 100 000 horas, ignorando as primeiras 10 000), mas desta vez nos modelos AT-IMR-FCFS, AT-BIL-FCFS e AT-MIL-FCFS.

Medidas de desempenho		Parâmetro da regra <i>due date</i>			
		$k_{TWK} = 4,6$	$k_{TWK} = 12,9$	$k_{TWK} = 38$	$k_{TWK} = 77,7$
Adianto médio	IMR	2,815	8,266	24,675	50,523
	BIL	2,523	4,377	5,725	6,177
	MIL	2,405	4,034	5,118	5,394
Atraso médio	IMR	3,661	3,526	3,425	3,411
	BIL	3,732	3,666	3,035	2,823
	MIL	3,905	4,330	3,325	3,172
Tempo médio de permanência no sistema	IMR	7,208	12,659	29,068	54,916
	BIL	7,237	11,797	26,541	51,903
	MIL	7,185	11,886	26,660	52,455
Percentagem média de atrasos	IMR	49,7%	25,0%	10,0%	5,0%
	BIL	52,6%	29,6%	11,4%	6,6%
	MIL	52,0%	30,2%	12,2%	9,2%
Percentagem média de utilização	IMR	86,6%	86,6%	86,6%	86,6%
	BIL	87,7%	87,9%	86,9%	86,5%
	MIL	87,1%	87,6%	87,1%	87,8%

Quadro 5.9. Comparação do efeito da variação do  $k_{TWK}$  nos modelos que utilizam os mecanismos IMR *versus* BIL e MIL

De acordo com a definição apresentada no capítulo 4, as regras de lançamento BIL e MIL podem ser apresentadas, de forma sintética, como mecanismos que permitem a obtenção de uma data mais tarde de lançamento da ordem de encomenda, deduzindo à data de entrega prometida uma determinada fracção temporal. Na primeira regra, para o cálculo daquela fracção, tem-se em atenção o número de operações da ordem de encomenda; no segundo mecanismo, para além desta informação, inclui-se o número de ordens que estão na fila das máquinas que fazem parte do seu *routing*. No lançamento imediato, assim que a ordem é aceite, é lançada para o *shop floor*.

Quando a data de entrega definida é muito “apertada”, a data mais tarde de lançamento irá ser muito próxima do dia actual (ou, em alguns casos, pode até ser anterior). Neste caso, as regras BIL e MIL praticamente não irão adiar o lançamento da ordem para processamento e portanto o lançamento será, na maioria dos casos, imediato (portanto os mecanismos BIL e MIL irão ficar muito próximos do IMR). Quando  $k_{TWK} = 4,6$ , todas as medidas de desempenho assumem valores bastante próximos nos três

mecanismos de lançamento. As diferenças entre o mecanismo IMR e o BIL/MIL vão-se acentuando à medida que as datas de entrega se tornam mais folgadas (à excepção da taxa média de utilização do equipamento).

Outro aspecto importante que permite validar o modelo é o comportamento observado na medida de desempenho “adianto médio”. Se observarmos o primeiro gráfico da Figura 5.4. abaixo apresentada, poderemos verificar que a utilização de mecanismos de lançamento controlado (portanto BIL e MIL) diminui o adianto médio, qualquer que seja o factor de planeamento  $k_{TWK}$ .

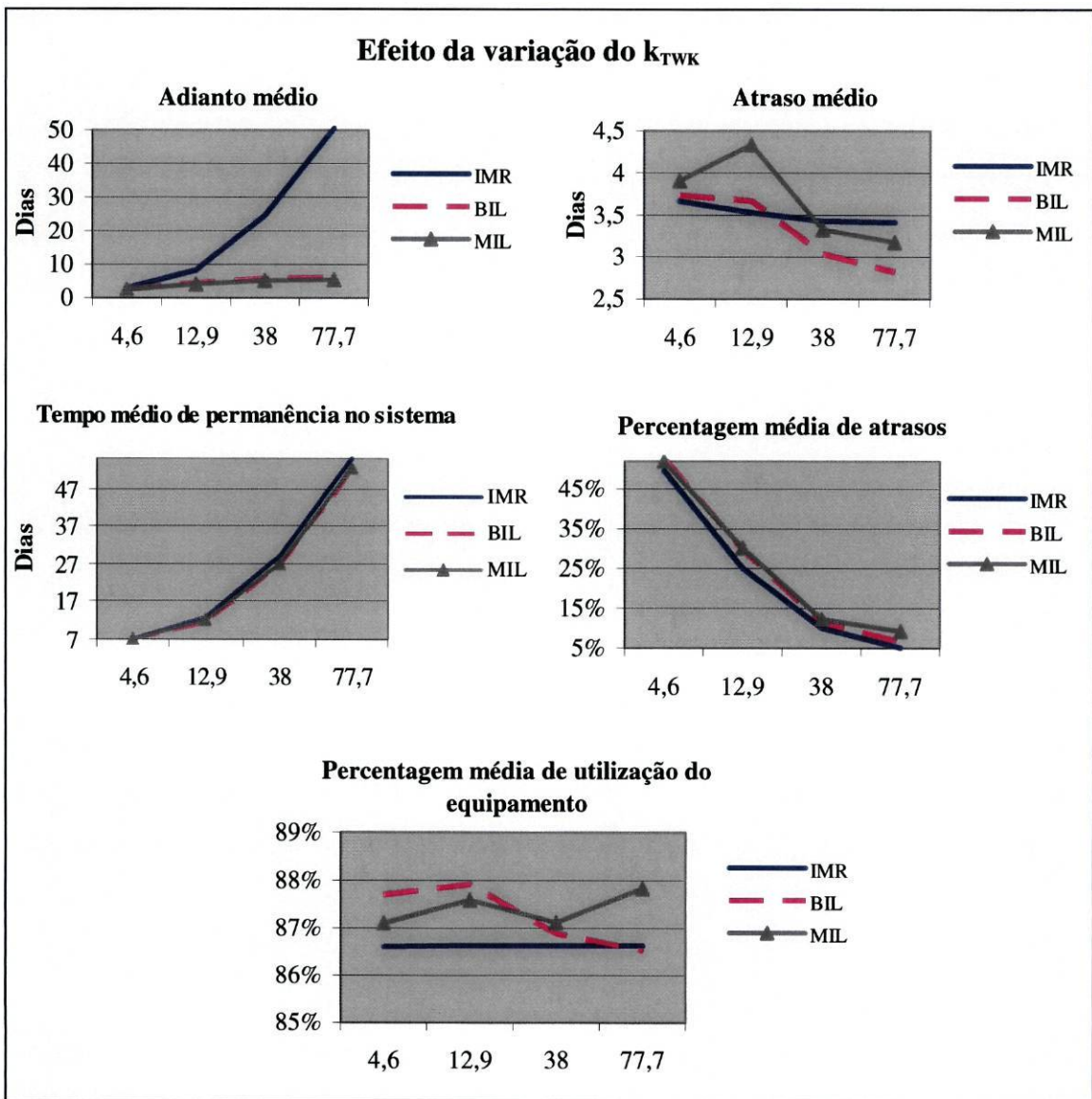


Figura 5.4. Comparação das medidas de desempenho nos modelos que utilizam os mecanismos IMR *versus* BIL e MIL

Esta evidência está de acordo com os resultados previamente apresentados na literatura. Se primeiramente são lançadas as ordens cuja data de lançamento já ocorreu ou coincide com o dia actual, e se esta data é determinada em função da data de entrega prometida e do tempo total de permanência da ordem no *shop floor*, será de esperar que o número de dias de adianto em relação à *due date* seja menor quando se utilizam as regras BIL e MIL em comparação com o lançamento imediato. Repare-se que a determinação da data de lançamento, e a gestão dos lançamentos em função dessa data, permitirá que a ordem de encomenda dê entrada no *shop floor* somente quando o tempo que falta para a sua entrega seja, aproximadamente, o tempo que se espera que ela demora a ficar concluída. Os mecanismos BIL e MIL foram propostos em estudos prévios com o objectivo de tentar terminar as ordens não muito antes (ou o mais próximo possível) da sua data de entrega. Concluir a ordem de encomenda antes da data de entrega definida implicaria custos associados ao processo de armazenamento de produtos acabados. Terminar a ordem depois da data definida com o cliente envolveria custos relacionados com o não cumprimento dos prazos. Por fim, lançar a ordem para o *shop floor* sem um mecanismo de controlo poderia também, via aumento do número de ordens simultaneamente em processamento, aumentar o congestionamento no *shop floor*, com consequências negativas para uma boa gestão das operações.

Um dos argumentos utilizados pelos autores que desaconselham a utilização de mecanismos de controlo do lançamento é que, com o lançamento imediato, a probabilidade de a empresa terminar a execução da ordem de encomenda a tempo de cumprir a data de entrega definida com o cliente é bastante maior. Portanto, será de prever que o atraso médio seja menor na combinação de regras que utiliza o lançamento imediato (pelo menos quando a aceitação das ordens é total). Se atentarmos na Figura 5.4, verificamos que esta situação, de facto, acontece mas somente em situações em que o tempo que a empresa dispõe para processar a encomenda é escasso, ou seja, quando a *due date* é “apertada” ( $k_{TWK} = 4,6$  e  $k_{TWK} = 12,9$ ). Mais uma vez faz sentido que assim aconteça pois somente em situações de definição de datas de entrega próximas, é que o “iniciar o processamento imediatamente” poderá permitir diminuir consideravelmente o número de dias de atraso de entrega de uma ordem. Quando analisamos o número de ordens concluídas após a ocorrência da data de entrega verificamos que, no caso do lançamento imediato, esse número é sempre menor, qualquer que seja o  $k_{TWK}$

considerado. Este facto vem corroborar o comportamento observado para a percentagem média de atrasos. O gráfico correspondente, na Figura 5.4., permite verificar que a curva representativa do atraso médio na situação de utilização do mecanismo de lançamento IMR se encontra sempre abaixo das outras duas, que se referem às regras de lançamento BIL e MIL.

Quanto ao tempo médio de permanência no sistema (tempo que decorre desde a data de aceitação de uma ordem até à data de entrega ou data de conclusão do processamento – se este ocorreu após a *due date*) verificamos que é menor quando o lançamento no *shop floor* é controlado. Apesar do tempo médio de fluxo do *job* ser menor na regra IMR (ver Quadro C.9. do apêndice C), o tempo total de permanência no sistema é maior devido ao tempo que a ordem de encomenda está à espera para ser entregue (ou seja adianto médio) quando não se utiliza nenhum condicionalismo no lançamento.

Um lançamento controlado de ordens permite ainda uma utilização mais eficiente das máquinas, uma vez que com uma ligeira diminuição da taxa de utilização média do equipamento, se consegue entregar um número maior de ordens mais próximas da data de entrega.

Importa, ainda, chamar a atenção para uma medida de desempenho que não se encontra explicitada no gráfico acima apresentado. Trata-se do desvio absoluto médio ou MAD. Recordando do capítulo anterior, o desvio absoluto médio constitui uma média dos adiantos e atrasos verificados na totalidade das ordens concluídas. Ao ter em conta o valor absoluto do adianto (que é um desvio negativo), esta medida permite saber a variação média em redor da data de entrega prometida. Se observarmos o Quadro C.2. presente no apêndice C, verificamos que quando o mecanismo de lançamento é controlado (daqueles sobre os quais nos debruçamos neste momento) este desvio é muito menor que no caso do lançamento imediato. Esta situação ocorre porque, apesar do atraso ser menor no IMR, o adianto é muito maior no lançamento imediato do que nos mecanismos BIL e MIL.

Note-se que, entre os dois mecanismos BIL e MIL, não existe uma superioridade absoluta de uma das regras em relação à outra. Cada uma obtém melhores resultados em certas circunstâncias: por exemplo, a MIL permite obter, seja qual for o grau de aperto

da *due date* sempre melhores resultados para o adianto médio, contudo quando olhamos para o atraso médio, a BIL permite obter melhores resultados qualquer que seja o  $k_{TWK}$ .

### 5.3.2.3. Sequenciamento por ordem de chegada (FCFS) versus por ordem da data de entrega negociada mais próxima (EDD)

Para comparar os resultados obtidos nas diferentes medidas de desempenho quando se utilizam diferentes regras de sequenciamento (*dispatching*), foram efectuadas simulações nos modelos AT-IMR-FCFS e AT-IMR-EDD. O Quadro 5.10 resume os valores obtidos.

Medidas de desempenho		Parâmetro da regra <i>due date</i>			
		$k_{TWK} = 4,6$	$k_{TWK} = 12,9$	$k_{TWK} = 38$	$k_{TWK} = 77,7$
Adianto médio	FCFS	2,815	8,266	24,675	50,523
	EDD	1,826	7,054	23,641	49,538
Atraso médio	FCFS	3,661	3,526	3,425	3,411
	EDD	1,853	1,063	1,066	1,063
Tempo médio de permanência no sistema	FCFS	7,208	12,659	29,068	54,916
	EDD	4,515	9,495	25,999	51,831
Percentagem média de atrasos	FCFS	49,7%	25,0%	10,0%	5,0%
	EDD	13,8%	0,7%	0,2%	0,1%
Percentagem média de utilização	FCFS	86,6%	86,6%	86,6%	86,6%
	EDD	87,1%	87,8%	87,8%	87,0%

Quadro 5.10. Comparação do efeito da variação do  $k_{TWK}$  nos modelos que empregam a regra de *dispatching* FCFS versus EDD

A regra de sequenciamento EDD consiste em processar em primeiro lugar a ordem que tiver a data de entrega mais próxima. Comparando com a regra de processamento por ordem de chegada será de esperar que, com a utilização da EDD, mais ordens tendam a terminar mais próximo da sua *due date*. Logo, tanto o adianto médio como o atraso médio (e por consequência a percentagem média de ordens entregues após a *due date* definida) deverão assumir um valor mais baixo quando se está em presença do mecanismo de *dispatch* EDD. De facto, se observarmos a Figura 5.5. poderemos verificar que nos três gráficos respeitantes a estas medidas de desempenho, a curva com

os valores para a regra FCFS encontra-se sempre acima da outra que representa a regra EDD.

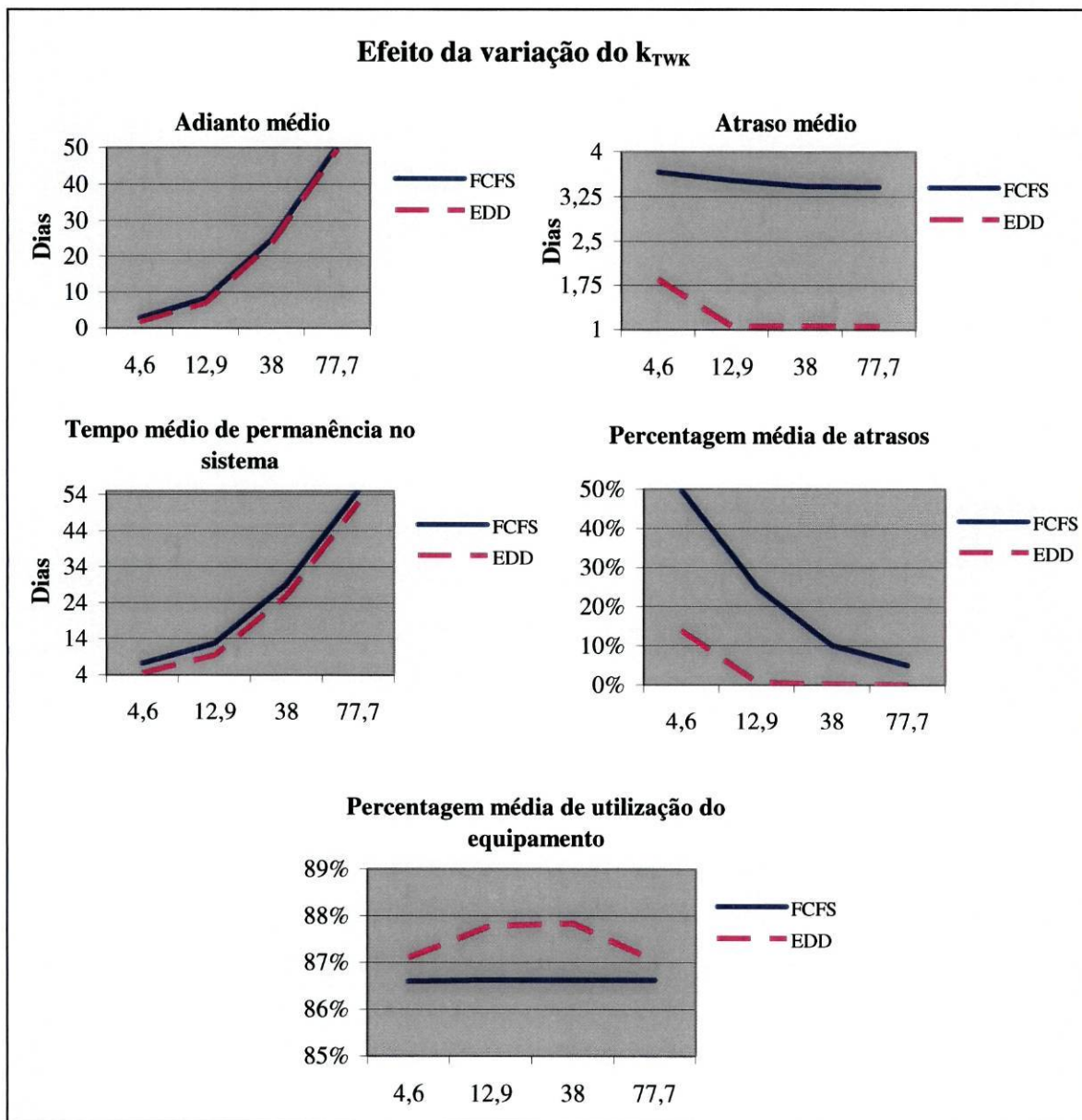


Figura 5.5. Comparação das medidas de desempenho nos modelos que empregam a regra FCFS *versus* EDD

O tempo médio de permanência no sistema também assume valores mais baixos no caso da utilização da EDD devido, não só, à diminuição do adianto médio (que corresponde ao tempo médio de permanência em produtos acabados) mas também ao facto do tempo médio de espera em fila no *shop floor* também ser menor (ver Quadro C.7.).

Quanto à percentagem de utilização das máquinas, a regra de sequenciamento EDD permite uma melhor utilização do equipamento qualquer que seja o nível de proximidade da data de entrega (ou seja, para qualquer  $k_{TWK}$ ).

A análise dos resultados preliminares, de acordo com as medidas de desempenho seleccionadas, permitem-nos concluir que o modelo se está a comportar de acordo com o esperado, quando são analisadas as regras *benchmark* e as regras de decisão para as quais já se conhecem os resultados, fruto de investigações anteriores.

Concluimos, assim, pela validade do modelo que será utilizado para averiguar das regras propostas nesta tese quanto à aceitação/rejeição (NEDE) e ao lançamento (CIOP).

### **5. 3. 3. Interações entre os vários mecanismos de decisão**

Depois de se ter investigado como o sistema se comporta quando se utilizam as regras “de referência” e quando se empregam os mecanismos já estudados na literatura, convém ainda chamar a atenção para o valor assumido por algumas medidas de desempenho em certos factores experimentais.

A percentagem de ordens rejeitadas aumenta consideravelmente, à medida que o  $k_{TWK}$  aumenta, nos mecanismos BIL e MIL quando se utiliza um filtro à entrada (TAF ou NEDE) (ver Quadro C.4.). Quanto mais folgada é a data de entrega, maior irá ser o tempo disponível para processar a encomenda, isto é, maior o intervalo entre a data de aceitação da encomenda e a data de entrega prometida. Ora, como as regras BIL e MIL se baseiam numa data de lançamento para enviar a ordem para o *shop floor*, data essa que depende da *due date*, quanto mais longínqua for a data de entrega, mais tarde ocorrerá o lançamento. Portanto, datas de entrega mais folgadas equivalem a maior tempo de permanência na *pre shop pool* (o que vem confirmar os valores observados no Quadro C.5.). Se a ordem fica mais tempo à espera de ser lançada, maior vai ser a carga total de trabalho aceite (que é calculada como a soma do trabalho correspondente às ordens que foram aceites mas ainda não lançadas e as ordens já lançadas mas ainda não concluídas). Como os critérios de rejeição se baseiam na carga total de trabalho aceite e ainda não concluído (na *pre shop pool* e no *shop floor*), é de esperar que quanto mais

distante for a data de entrega, maior seja o número e a percentagem de ordens rejeitadas. Este facto tem implicações directas na percentagem média de utilização das máquinas, pois quanto mais ordens a empresa rejeita, menos ordens de encomenda serão processadas, e portanto, menos ocupadas estarão as máquinas.

Outro aspecto interessante a ter em atenção é o comportamento observado nas medidas de desempenho “atraso médio” e “percentagem de atrasos”. Quando existe possibilidade de rejeição de ordens (portanto, nas regras TAF e NEDE), o atraso médio e a percentagem de atrasos diminuem consideravelmente nos mecanismos BIL e MIL (Quadros C.1. e C.3.). Como as ordens ficam na *pre shop pool* a aguardar o lançamento e como as ordens são rejeitadas em função de todo o trabalho aceite (que se encontra ou à espera de ser lançado ou em processamento), as ordens que entram, sendo menos, têm maior probabilidade de serem concluídas na data de entrega prometida. Daí que o número médio de dias de atraso seja menor na combinação TAF (e NEDE) - BIL (ou MIL), do que na situação IMR - BIL (ou MIL), assim como a percentagem de ordens entregues após a chegada da data de entrega prometida.

O tempo médio gasto em fila (Quadro C.7.) diminui de forma considerável na combinação dos mecanismos de lançamento BIL/MIL com a regra de aceitação TAF. Como o número de ordens em processamento no *shop floor* é menor que na situação de aceitação total, existem menos ordens nas filas das máquinas e portanto, menor é o tempo gasto à espera de processamento já no interior do *shop floor*.

Merece ainda um comentário final os valores assumidos para o tempo médio de processamento (ver Quadro C.6.) quando estamos perante as regras de lançamento BIL e MIL *versus* o critério de aceitação ou rejeição TAF. Uma vez que a rejeição das ordens é função da carga de trabalho aceite (das ordens ainda não concluídas), quando o limite de rejeição é atingido, as ordens que entram primeiro são as que têm um tempo total de processamento menor. As ordens que terminam o seu processamento, libertam o “*plafond*” de aceitação, podendo nessa altura ser aceites mais ordens. As ordens que têm mais possibilidade de entrar, serão as que visitam menos máquinas e as que assumem um valor menor para o parâmetro do tempo de processamento.

Desta análise complementar, podemos também concluir que o modelo global simulado, se está a comportar de acordo com o esperado.

## **Capítulo 6**

### **Análise de resultados**

O capítulo 6 tem como objectivos apresentar os resultados das principais experiências de simulação, determinar a relação existente entre as variáveis controláveis e incontroláveis (ou seja, entre as várias regras de decisão e alguns parâmetros), comparar as diferentes políticas de decisão e avaliar o comportamento do sistema em termos das medidas de desempenho seleccionadas. Começaremos por descrever os procedimentos adoptados na simulação, passando depois à apresentação dos principais resultados para as medidas de desempenho seleccionadas. Por fim procederemos à avaliação dos mecanismos propostos nesta investigação – CIOP e NEDE – e às interacções existentes entre as diferentes regras.

A simulação, conduzida com vista à obtenção dos valores finais para as medidas de desempenho, foi realizada pelo período de 100 000 horas, iniciando-se o período de recolha de estatísticas ao fim de decorridas 10 000. Foram efectuadas 10 réplicas independentes para cada combinação de factores, sendo todos os valores estatísticos apagados entre cada réplica. Para a obtenção do valor de cada medida de desempenho foi efectuada a média das réplicas, e é com base nesses valores que iremos efectuar a análise dos diversos mecanismos de decisão propostos e suas interacções. Os resultados

de cada uma das réplicas para todos os 96 factores experimentais encontram-se em anexo, assim como o valor médio das 10 réplicas. Podemos verificar, pela análise dos quadros contidos naquele anexo, que os valores assumidos para os diversos atributos e, conseqüentemente, para as diferentes medidas de desempenho variam ligeiramente de réplica para réplica, uma vez que a “semente” que gera os números aleatórios é diferente para cada uma. O facto de as diferenças serem ligeiras permite concluir que, após aquele período de aquecimento (quando o modelo estabiliza), a combinação de factores em causa tenderá a ter um comportamento semelhante, seja qual for a geração de números aleatórios.

### 6. 1. Síntese dos resultados da simulação, por medida de desempenho

No capítulo 4, foram seleccionadas algumas medidas de desempenho para avaliar o comportamento das diversas combinações de factores experimentais, sendo aquelas classificadas em dois grupos: medidas relativas ao desempenho nas entregas e medidas relacionadas com a quantidade de trabalho na *shop*. De seguida, iremos apresentar os resultados obtidos para cada uma das medidas consideradas e proceder a uma apreciação global do comportamento das diferentes combinações experimentais. O primeiro quadro apresentado (Quadro 6.1.) resume os valores para o atraso médio das várias combinações possíveis.

Regras de A/R	Regras de O/R	Regras de <i>dispatching</i>									
		FCFS					EDD				
		kTWK	4,6	12,9	38	77,7	kTWK	4,6	12,9	38	77,7
AT	IMR	3,788	3,603	3,518	3,497	1,853	1,067	1,073	1,063		
	BIL	3,663	3,559	3,260	3,152	2,125	1,788	1,981	2,101		
	MIL	3,920	4,160	3,768	3,250	2,237	1,925	2,133	2,492		
	CIOP	2,496	2,812	2,499	2,289	1,742	1,159	2,134	3,436		
TAF	IMR	1,420	1,398	1,394	1,396	1,046	1,066	1,054	1,054		
	BIL	1,367	1,065	0,800	0,100	1,045	1,044	0,200	0,000		
	MIL	1,328	1,042	0,400	0,100	1,041	1,029	0,300	0,000		
	CIOP	1,416	1,438	1,410	1,484	1,050	1,054	1,046	1,988		
NEDE	IMR	2,937	3,030	3,120	3,102	1,432	1,043	1,063	1,073		
	BIL	2,487	1,928	1,599	1,536	1,451	1,456	1,432	1,534		
	MIL	2,464	2,028	1,748	1,704	1,464	1,529	1,455	1,615		
	CIOP	2,495	3,059	2,861	2,595	1,430	1,050	1,051	2,501		

Quadro 6.1. Atraso médio (dias)

Podemos verificar que, na maioria dos casos, o número médio de dias de atraso na entrega diminui quando são definidas datas de entrega mais distantes. Em certas combinações de factores, ter datas de entrega mais longínquas implica um adiamento no lançamento das ordens de encomenda para o *shop floor* e, por vezes, um atraso na entrega da encomenda. Por exemplo, na regra MIL (com AT e FCFS), quando passamos de um  $k_{TWK}$  de 4,6 para 12,9 o atraso médio aumenta (ainda que ligeiramente). Outra conclusão que retiramos da análise do quadro é que a utilização da regra de *dispatching* EDD permite uma diminuição considerável no atraso médio, qualquer que seja o mecanismo de A/R ou de O/R ou o  $k_{TWK}$  considerado. A utilização de um mecanismo que limite a aceitação de encomendas permite, de igual modo, uma diminuição do atraso.

Outra das medidas de desempenho seleccionada para avaliar o comportamento das diferentes variáveis controláveis é a percentagem média de atrasos. Os valores constantes do Quadro 6.2., dizem respeito ao número de encomendas que terminaram depois da data de entrega, de entre todas as ordens de encomenda aceites e já concluídas. O que verificamos é que, quer o alargamento da data de entrega prometida (aumento do  $k_{TWK}$ ), quer a utilização de um filtro à aceitação de encomendas, quer, ainda, a implementação da regra de *dispatching* EDD, permitem uma diminuição na percentagem de ordens entregues com atraso.

A empresa, para ver diminuir o atraso médio na satisfação das suas encomendas assim como a percentagem de ordens entregues com atraso, deverá pensar em definir regras de aceitação das encomendas e, no *shop floor*, dar prioridade às operações que envolvam ordens de encomenda cuja data de entrega esteja mais próxima (ou seja, utilizar o regra de *dispatching* EDD).

No que diz respeito à percentagem média de ordens rejeitadas, a utilização de regras de aceitação, negociação ou rejeição implica um aumento daquela percentagem (ver Quadro 6.3.). No entanto, estes efeitos são minimizados se se combinar a sua utilização com os mecanismos de lançamento CIOP ou IMR.

Regras de A/R	Regras de O/R	Regras de <i>dispatching</i>									
		FCFS					EDD				
		kTWK	4,6	12,9	38	77,7	kTWK	4,6	12,9	38	77,7
AT	IMR	51,6%	26,4%	10,1%	5,4%	13,8%	0,7%	0,2%	0,1%		
	BIL	51,8%	27,6%	12,8%	8,3%	20,2%	3,3%	1,6%	1,2%		
	MIL	52,2%	30,3%	14,7%	9,1%	23,9%	4,8%	2,9%	2,4%		
	CIOP	35,5%	13,4%	5,2%	2,6%	1,9%	0,4%	0,2%	0,1%		
TAF	IMR	16,6%	6,3%	2,2%	1,1%	1,2%	0,4%	0,1%	0,1%		
	BIL	13,9%	0,4%	0,0%	0,0%	1,0%	0,1%	0,0%	0,0%		
	MIL	11,8%	0,3%	0,0%	0,0%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%		
	CIOP	16,5%	6,2%	2,1%	1,0%	1,1%	0,3%	0,1%	0,1%		
NEDE	IMR	45,7%	23,6%	9,6%	4,9%	6,1%	0,3%	0,1%	0,0%		
	BIL	35,4%	7,1%	0,8%	0,7%	4,8%	0,1%	0,1%	0,0%		
	MIL	32,8%	6,7%	1,4%	1,3%	4,9%	0,4%	0,2%	0,3%		
	CIOP	36,9%	15,9%	6,3%	3,0%	6,3%	0,3%	0,1%	0,0%		

Quadro 6.2. Percentagem média de atrasos

Regras de A/R	Regras de O/R	Regras de <i>dispatching</i>									
		FCFS					EDD				
		kTWK	4,6	12,9	38	77,7	kTWK	4,6	12,9	38	77,7
AT	IMR	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
	BIL	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
	MIL	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
	CIOP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
TAF	IMR	5,1%	5,1%	5,1%	5,1%	5,3%	5,3%	5,2%	5,2%		
	BIL	6,3%	22,3%	47,4%	60,1%	6,6%	22,1%	47,3%	60,1%		
	MIL	7,3%	25,4%	49,2%	61,2%	7,6%	25,4%	49,2%	61,2%		
	CIOP	5,3%	5,3%	5,4%	5,3%	5,7%	5,5%	5,6%	5,4%		
NEDE	IMR	5,7%	2,5%	0,9%	0,5%	7,2%	3,4%	1,2%	0,5%		
	BIL	13,8%	21,3%	32,8%	35,3%	17,9%	23,2%	32,9%	35,4%		
	MIL	16,6%	24,5%	33,5%	35,9%	19,9%	26,4%	34,1%	36,0%		
	CIOP	3,4%	1,4%	0,6%	0,3%	7,3%	3,3%	1,2%	0,5%		

Quadro 6.3. Percentagem média de ordens rejeitadas

Podemos ainda observar que a introdução de uma fase de negociação da ordem, antes de a rejeitar definitivamente, permite diminuir consideravelmente a percentagem média de ordens rejeitadas. A decisão de aceitação condicionada das ordens tem implicações directas ao nível de outras medidas de desempenho. As relacionadas com o atraso, são das mais importantes: rejeitar ordens com base na quantidade de trabalho do *job shop*

(seja somente o que está em processamento ou o que já foi aceite e aguarda ordem de lançamento), permite que as ordens que são aceites tenham uma maior hipótese de serem terminadas na data de entrega prometida, pois a carga existente no *shop floor* é menor do que no caso de aceitação total.

A última medida de desempenho (relacionada com a entrega) utilizada para avaliar as várias regras de decisão simuladas é o desvio absoluto médio. O valor assumido pelo MAD permite saber até que ponto a empresa está a terminar os seus *jobs* na data de entrega prometida pois, para além dos atrasos, os adiantos (desvio negativo) são igualmente, sendo tomados pelo seu valor absoluto.

O quadro seguinte apresenta os resultados do indicador MAD para as várias combinações de regras de decisão:

Regras de A/R	Regras de O/R	Regras de <i>dispatching</i>							
		FCFS				EDD			
		$k_{TWK}$	4,6	12,9	38	77,7	4,6	12,9	38
AT	IMR	2,870	6,276	21,560	47,210	1,338	6,584	23,054	49,044
	BIL	2,708	3,748	5,001	5,515	1,347	3,299	4,964	5,589
	MIL	2,814	3,663	4,563	4,988	1,359	2,820	4,149	4,710
	CIOP	2,139	6,446	21,689	46,542	1,685	6,399	20,867	43,582
TAF	IMR	1,837	6,356	20,868	43,982	1,856	6,646	21,173	44,286
	BIL	1,778	4,230	5,771	6,393	1,811	4,278	5,776	6,399
	MIL	1,736	3,783	4,969	5,429	1,772	3,804	4,980	5,426
	CIOP	1,833	6,352	20,798	43,596	1,857	6,636	21,166	43,987
NEDE	IMR	5,545	7,566	22,192	47,566	5,034	8,348	23,856	49,597
	BIL	2,155	4,337	6,823	6,917	1,657	4,773	6,859	6,959
	MIL	2,083	3,915	5,465	5,512	1,626	4,202	5,443	5,484
	CIOP	4,451	7,500	22,675	48,222	4,962	8,291	23,797	49,564

Quadro 6.4. Desvio Absoluto Médio - MAD (dias)

Quando as datas de entrega são definidas de uma forma relativamente “apertada” (isto é, quando o  $k_{TWK} = 4,6$ ), não existe grande diferença entre os vários mecanismos de lançamento. No entanto, à medida que as *due date* são definidas de uma forma mais folgada, o desvio absoluto médio assume valores muito mais baixos quando se utilizam os mecanismos BIL e MIL para se decidir o momento e a ordem a ser lançada. Tal facto deve-se essencialmente ao elevado valor do tempo de permanência das ordens no

armazém de produtos acabados (ordens concluídas antes de chegada a data de entrega – Quadro 6.7., apresentado mais à frente), quando estamos perante o lançamento imediato e a regra CIOP.

Ainda no que se refere ao MAD, quando a decisão em causa é a aceitação ou rejeição, em geral, a regra TAF tem melhores resultados.

No que diz respeito às medidas de desempenho relacionadas com a carga na *shop*, seleccionamos as que medem o tempo gasto em cada uma das fases pelas quais as diversas ordens de encomenda passam, desde que são aceites até à sua entrega ou à conclusão do processamento - o tempo de permanência na *pre shop pool*, o tempo gasto no *shop floor* e o tempo de permanência em produtos acabados (o adianto médio). Foram ainda consideradas outras durações que são importantes em termos de avaliação do desempenho (o tempo de fila no interior do *shop floor*, o tempo de fluxo e o tempo médio de permanência no sistema), cujos resultados se encontram sintetizados no apêndice D e os valores referentes à percentagem média de utilização do equipamento.

O tempo médio de permanência na *pre shop pool* (Quadro 6.5.) é afectado com a introdução da decisão de aceitação ou não de uma ordem de encomenda. Uma vez que os limites de aceitação (ou negociação) são baseados na quantidade de trabalho total aceite (e ainda não concluído), quando o trabalho existente na *pre shop pool* atingir um determinado valor, as ordens começam a ser rejeitadas; daí que o tempo de espera para ser lançado seja menor no caso da regra TAF.

Quanto à regra NEDE, o factor “negociação da ordem”, no qual a data de entrega prometida é alargada, faz com que a data de lançamento mais tarde também venha alargada e, por via disso, o tempo de permanência na *pre shop pool* seja maior.

Convém realçar ainda o facto de que, quando o mecanismo de lançamento é o IMR, o tempo de espera de um *job* para ser lançado da *pre shop pool* é zero, sejam quais forem as outras regras de decisão. No que se refere ao CIOP, uma vez que o lançamento pode ser iniciado pela ocorrência de dois factores, também o tempo de espera na *pre shop pool* é bastante reduzido, quaisquer que sejam as outras regras adoptadas.

Regras de A/R	Regras de O/R	Regras de <i>dispatching</i>							
		FCFS				EDD			
		k <sub>TWK</sub>	4,6	12,9	38	77,7	4,6	12,9	38
AT	IMR	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	BIL	0,109	2,594	16,679	41,887	0,110	2,600	16,694	41,778
	MIL	0,137	2,740	16,994	42,238	0,171	2,984	17,350	42,505
	CIOP	0,159	0,389	0,245	0,259	0,021	0,003	0,023	0,088
TAF	IMR	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	BIL	0,052	0,912	3,871	8,085	0,052	0,912	3,876	8,095
	MIL	0,096	1,128	4,330	8,725	0,100	1,131	4,342	8,725
	CIOP	0,000	0,010	0,014	0,061	0,000	0,000	0,002	0,018
NEDE	IMR	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	BIL	6,012	11,367	34,307	72,977	7,414	12,642	34,268	72,820
	MIL	7,106	13,807	35,826	75,125	8,179	14,465	36,029	75,017
	CIOP	0,206	0,558	0,344	0,355	0,010	0,008	0,003	0,030

Quadro 6.5. Tempo médio de permanência na *pre shop pool* (dias)

O tempo de permanência no *shop floor* engloba o tempo de processamento e o tempo de espera nas várias máquinas. A análise dos valores presentes no Quadro 6.6 permite-nos concluir que, de uma forma geral, o tempo que uma ordem de encomenda demora, desde que é lançado até estar concluído diminui quando a regra de *dispatching* EDD é utilizada e quando se está perante a possibilidade de rejeição de encomendas. Vemos ainda que o mecanismo de lançamento CIOP permite, em todas as combinações, um menor tempo de permanência no *shop floor* principalmente devido a uma redução do tempo gasto em fila (conforme podemos verificar no Quadro D.2. do apêndice D).

Depois de uma ordem estar concluída, se a sua data de entrega prometida ainda não ocorreu, ela terá que aguardar. Este tempo de permanência em produtos acabados implica uma série de custos para a empresa, mas permite diminuir a quantidade de ordens entregues atrasadas e, muitas vezes, rentabilizar os recursos disponíveis. O tempo que, em média, as ordens de encomenda permanecem à espera de serem entregues corresponde ao adiamento médio.

Regras de A/R	Regras de O/R	Regras de <i>dispatching</i>							
		FCFS				EDD			
		k <sub>TWK</sub>	4,6	12,9	38	77,7	4,6	12,9	38
AT	IMR	4,581	4,581	4,581	4,581	2,692	2,394	2,376	2,351
	BIL	4,522	4,586	4,557	4,579	2,947	3,194	3,829	4,045
	MIL	4,680	5,093	5,029	4,799	3,072	3,324	4,038	4,247
	CIOP	2,926	2,460	2,707	2,744	1,527	1,522	1,507	1,470
TAF	IMR	1,832	1,832	1,832	1,832	1,350	1,343	1,345	1,348
	BIL	1,681	0,727	0,310	0,208	1,275	0,670	0,307	0,207
	MIL	1,564	0,646	0,293	0,201	1,206	0,603	0,292	0,201
	CIOP	1,833	1,819	1,806	1,746	1,349	1,343	1,344	1,331
NEDE	IMR	4,063	4,380	4,546	4,542	2,873	2,609	2,431	2,378
	BIL	3,593	3,661	3,581	3,552	2,608	3,087	3,514	3,481
	MIL	3,516	3,709	3,570	3,540	2,577	3,195	3,542	3,515
	CIOP	3,144	2,937	3,314	3,229	2,828	2,576	2,428	2,306

Quadro 6.6. Tempo médio de permanência no *shop floor* (dias)

Quando se seleccionam para serem processadas, as ordens que possuem a data de entrega mais cedo (EDD), o adianto médio diminui, sejam quais forem as regras de decisão de lançamento, de aceitação ou de definição da *due date*. Globalmente analisado, podemos concluir que o adianto médio é sempre menor quando as regras de lançamento são a BIL ou a MIL, mostrando este último uma supremacia em relação ao outro. Uma vez que o mecanismo CIOP permite a entrada de uma ordem no *shop floor*, quando alguma máquina fica desocupada ou quando ocorrer a data de lançamento mais tarde de alguma ordem, haverá tendência para as ordens terminarem mais cedo que a data de entrega definida (e, por isso, permanecem mais tempo em produtos acabados que no caso do BIL ou MIL, conforme podemos observar no Quadro 6.7.).

Regras de A/R	Regras de O/R	Regras de <i>dispatching</i>							
		FCFS				EDD			
		k <sub>TWK</sub>	4,6	12,9	38	77,7	4,6	12,9	38
AT	IMR	2,818	8,309	24,815	50,862	1,826	7,117	23,651	49,666
	BIL	2,528	4,456	5,647	6,023	1,720	3,673	5,185	5,736
	MIL	2,408	4,034	5,065	5,445	1,663	3,192	4,399	4,895
	CIOP	2,873	8,004	23,757	48,755	2,129	6,874	21,372	44,093
TAF	IMR	2,663	7,488	22,130	45,293	2,278	7,090	21,632	11,751
	BIL	2,522	4,512	5,842	6,435	2,210	4,471	5,841	6,439
	MIL	2,418	4,007	5,028	5,465	2,148	3,965	5,036	5,460
	CIOP	2,662	7,476	22,042	44,811	2,278	7,078	21,625	44,451
NEDE	IMR	11,489	10,298	25,369	50,991	7,063	8,809	24,287	50,027
	BIL	2,800	4,929	6,963	7,046	2,044	4,838	6,867	6,964
	MIL	2,648	4,375	5,619	5,666	1,993	4,268	5,470	5,512
	CIOP	8,300	9,573	25,135	50,713	6,979	8,754	24,226	50,018

Quadro 6.7. Tempo médio de permanência em produtos acabados (dias)

No que se refere à percentagem média de utilização do equipamento (Quadro 6.8.), rejeitar ordens de encomenda implica, desde logo, uma diminuição da utilização das máquinas. No entanto, se a regra de rejeição utilizada for a NEDE, essa diminuição é bastante atenuada, havendo até um ligeiro aumento se for combinada com o lançamento CIOP.

Repare-se ainda que quando se utilizam as regras BIL e MIL, o nível de utilização das máquinas vai sendo cada vez menor. Tal comportamento, deve-se ao facto de a percentagem de ordens rejeitadas aumentar à medida que a data de entrega definida é mais longínqua (veja-se o Quadro 6.3.). Como a quantidade de ordens rejeitadas é elevada, a quantidade de trabalho no *shop floor* é baixa e, portanto, o tempo de utilização das máquinas em relação ao disponível é bastante menor.

Regras de A/R	Regras de O/R	Regras de <i>dispatching</i>							
		FCFS				EDD			
		k <sub>TWK</sub>	4,6	12,9	38	77,7	4,6	12,9	38
AT	IMR	87,4%	87,4%	87,4%	87,4%	87,1%	87,5%	87,7%	87,5%
	BIL	87,5%	87,4%	87,4%	87,4%	87,4%	87,7%	87,7%	87,3%
	MIL	87,3%	87,6%	87,8%	87,7%	87,2%	87,3%	87,6%	87,4%
	CIOP	85,1%	83,3%	83,7%	84,0%	76,6%	76,9%	76,8%	76,7%
TAF	IMR	73,8%	73,8%	73,8%	73,8%	73,0%	73,3%	73,3%	73,4%
	BIL	71,1%	43,1%	17,5%	9,7%	70,4%	43,2%	17,5%	9,7%
	MIL	68,7%	39,0%	16,2%	9,2%	67,9%	38,9%	16,3%	9,2%
	CIOP	73,9%	73,8%	73,6%	73,2%	73,0%	73,3%	73,4%	73,1%
NEDE	IMR	86,8%	87,2%	87,4%	87,3%	86,3%	87,4%	87,3%	87,4%
	BIL	84,8%	84,3%	81,9%	81,2%	83,6%	84,0%	81,7%	80,9%
	MIL	83,7%	83,5%	81,4%	81,1%	82,6%	83,1%	81,5%	81,0%
	CIOP	86,7%	87,3%	87,6%	87,3%	86,4%	87,4%	87,5%	87,5%

Quadro 6.8. Percentagem média de utilização do equipamento

## 6. 2. Avaliação do mecanismo de lançamento proposto - CIOP

A avaliação da regra de lançamento proposta na actual investigação irá ser efectuada através da análise dos valores assumidos pelos mecanismos IMR, BIL, MIL e CIOP, para as medidas de desempenho seleccionadas.

As primeiras conclusões são retiradas ignorando a influência das outras decisões (aceitação e *dispatch*) de modo a que as alterações verificadas nas medidas de desempenho sejam devidas somente à adopção da regra CIOP. Portanto, iremos comparar os mecanismos de lançamento acima referidos quando a regra de aceitação é a AT e a regra de sequenciamento é a FCFS.

A implementação da regra CIOP permite a obtenção de uma clara melhoria das medidas de desempenho relacionadas com o atraso médio e a percentagem de atrasos, assim como o tempo médio gasto em fila e o tempo médio (total) de permanência no sistema. As Figuras 6.1. e 6.2. incluem informações relativas às diferentes regras de lançamento, no que diz respeito às medidas de desempenho relacionadas com a entrega e as relacionadas com a carga na *shop*, respectivamente.

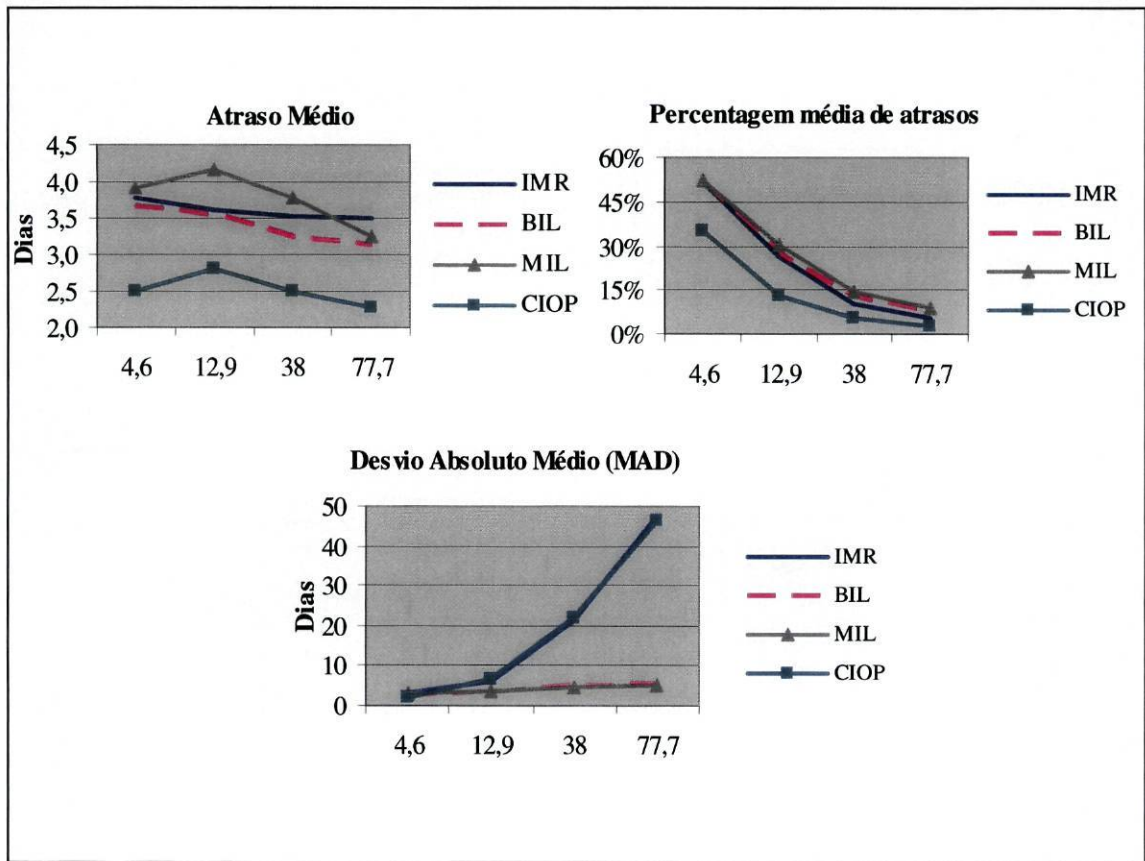


Figura 6.1. Medidas de desempenho relacionadas com a entrega (avaliação do CIOP)

De acordo com o mecanismo CIOP, inicia-se um lançamento quando ocorrer a chegada da data mais tarde de lançamento de uma ordem de encomenda que se encontra na *pre shop pool*, ou quando deixar de haver ordens à espera para serem processadas na fila de qualquer uma das máquinas. Uma vez que, na regra proposta, existem dois critérios possíveis para que ocorra um lançamento, sendo um deles baseado na data de entrega prometida, as ordens de encomenda aceites tenderão a ser lançadas para o *shop floor* mais rapidamente que no caso dos mecanismos BIL e MIL. Ora, se são lançadas mais cedo, terão mais tempo para serem processadas e, portanto, o número médio de dias de atraso na entrega das ordens vai ser menor. Portanto, no que diz respeito a se conseguir entregas com menos dias de atraso, o mecanismo de lançamento proposto é o melhor, qualquer que seja o grau de aperto da *due date*. Em relação ao número de ordens, de todas as que foram aceites e já estão concluídas, a implementação do mecanismo CIOP permite diminuir a percentagem das que são terminadas após a data de entrega definida com o cliente, seja qual for o  $k_{TWK}$ .

Quanto ao desvio absoluto médio, o mecanismo CIOP é a melhor regra de lançamento mas somente no caso de datas de entrega próximas, portanto, em ambientes muito competitivos relativamente ao *timing* de produção. Conforme as datas ficam mais folgadas, mais antecipadamente vão sendo as ordens processadas, e portanto, maior vai sendo o tempo que as ordens permanecem em produtos acabados depois de concluído o seu processamento. Esta duração corresponde ao adianto médio, que é uma das componentes da medida de desempenho MAD.

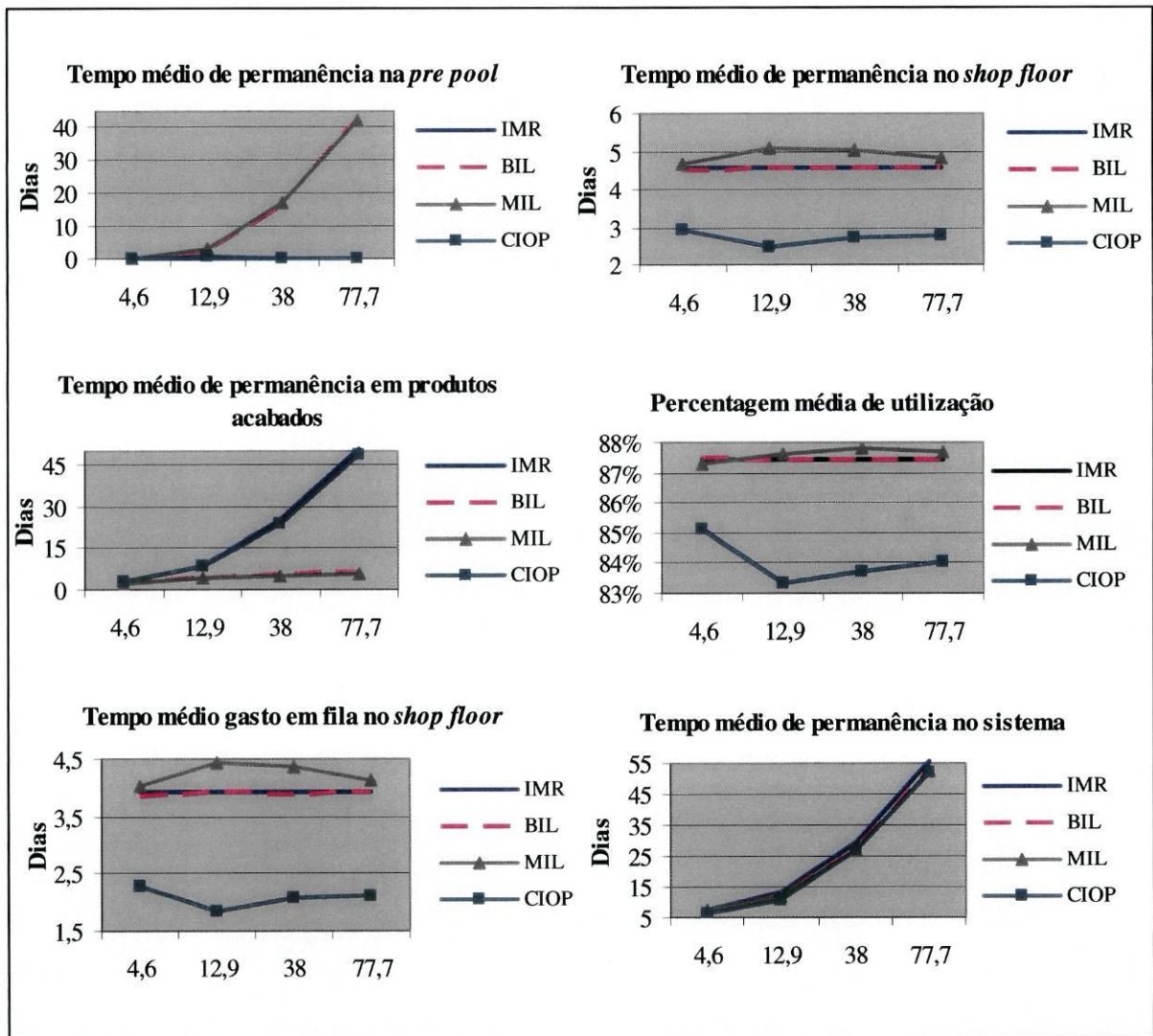


Figura 6.2. Medidas de desempenho relacionadas com a carga na *shop* (avaliação do CIOP)

Em relação ao tempo médio que as ordens de encomenda permanecem em cada uma das etapas, desde que são aceites até serem entregues, podemos verificar que a regra CIOP conduz a uma diminuição acentuada no tempo dispendido na *pre shop pool* e no *shop floor*. No entanto, o tempo que uma ordem, em média, fica a aguardar a entrega, após estar concluída, é maior quando a empresa utiliza a regra CIOP (do que a BIL ou MIL) e esta diferença vai-se acentuando à medida que as data de entrega definidas são mais folgadas. Tal comportamento está directamente relacionado com o mecanismo que se encontra na base da regra CIOP. O tempo que uma ordem permanece na *pre shop pool* será menor que nas outras regras onde existe gestão dos lançamentos uma vez que o número de ordens lançadas tenderá a ser sempre maior, devido à existência de dois critérios possíveis para o lançamento.

Já no interior do *shop floor*, como existem ordens que são lançadas porque a sua primeira operação é numa máquina que ficou (ou vai ficar em breve) livre, o tempo que, em média, as ordens demoram desde que são lançadas até estarem terminadas é menor no CIOP. Este facto deve-se essencialmente à elevada redução no tempo médio gasto em fila no *shop floor* no mecanismo CIOP, quando comparado com as outras três regras (ver gráfico correspondente na Figura 6.2.). O CIOP permite, de facto, uma melhor gestão dos *jobs* no interior do *shop floor*.

Uma vez que as ordens são lançadas com muito maior frequência que no BIL ou MIL, tenderão a terminar mais cedo que a sua data de entrega, daí que o tempo médio de permanência das ordens no armazém de produtos acabados seja superior no CIOP (apesar de praticamente igual, quando as datas de entrega são definidas de uma forma apertada), sendo esta diferença agravada à medida que se considera um  $k_{TWK}$  maior. Esta é, talvez, a maior desvantagem do mecanismo proposto nesta investigação – quando a empresa passa a deter mais “folga temporal” para produzir as ordens aceites, o adianto médio aumenta, o que vai contra uma das premissas básicas da produção *just-in-time*. Note-se, no entanto, que quando as *due dates* são próximas – o que está muito mais perto da realidade empresarial – o mecanismo CIOP tem um desempenho idêntico neste indicador de *performance*, mas uma clara vantagem nas outras medidas.

Será, ainda, importante realçar que, apesar do adianto médio ser maior quando se utiliza a regra CIOP, o tempo total gasto, em média, por uma ordem de encomenda na empresa

(desde que é aceite até à sua entrega) é menor, qualquer que seja o  $k_{TWK}$  considerado (ver último gráfico da Figura 6.2.).

Quanto à percentagem média de utilização das máquinas, uma vez que existe uma gestão mais eficiente das ordens no interior do *shop floor* e ainda porque é possível ajustar a capacidade de produção, na regra CIOP aquela percentagem será sempre menor que no caso dos outros mecanismos de lançamento.

Podemos, então, concluir que uma gestão em simultâneo do *input* e do *output* (tal como é proposto no CIOP) conduz a um melhor desempenho, quer em termos de eficiência na entrega quer em termos de controlo da carga na *shop*. Diminuir o atraso médio e a percentagem média de ordens entregues após a chegada da *due date*, reduzir o tempo total de permanência de uma ordem de encomenda e encurtar o tempo gasto em fila, são as principais vantagens do mecanismo proposto, quando comparado com algumas das regras estudadas na literatura e que mostraram um bom desempenho.

### **6. 3. Avaliação da regra de A/R proposta - NEDE**

A avaliação da regra de aceitação, negociação ou rejeição proposta irá ser efectuada através da análise dos valores que as medidas de desempenho seleccionadas assumem nas regras AT, TAF e NEDE.

Começaremos por efectuar uma análise crítica da regra NEDE, ignorando a influência das outras decisões (lançamento e *dispatch*) de forma a que as alterações verificadas nas medidas de desempenho sejam devidas somente à aplicação da regra NEDE. Iremos, com esse objectivo, comparar as regras A/R acima referidas quando estamos perante o lançamento imediato e a regra FCFS.

A regra NEDE baseia-se na quantidade de trabalho aceite e ainda não concluído, para decidir se determinada ordem será aceite, rejeitada ou se se procederá à negociação da data de entrega junto do cliente. É bastante semelhante à regra TAF no que se refere ao primeiro critério de aceitação, mas com a oportunidade de negociação se o limite de rejeição não for excedido em determinada percentagem. Apesar do mecanismo proposto incluir mais informação que o TAF e de ser esperado um melhor desempenho em certas circunstâncias, a realidade é que, quando avaliamos as três regras de A/R, não existe

uma superioridade absoluta da regra NEDE em nenhuma das medidas de desempenho seleccionadas (seja as que dizem respeito às entregas seja as referentes à carga na *shop*). Vejamos as Figuras 6.3. e 6.4. que incluem os gráficos com as várias medidas de desempenho:

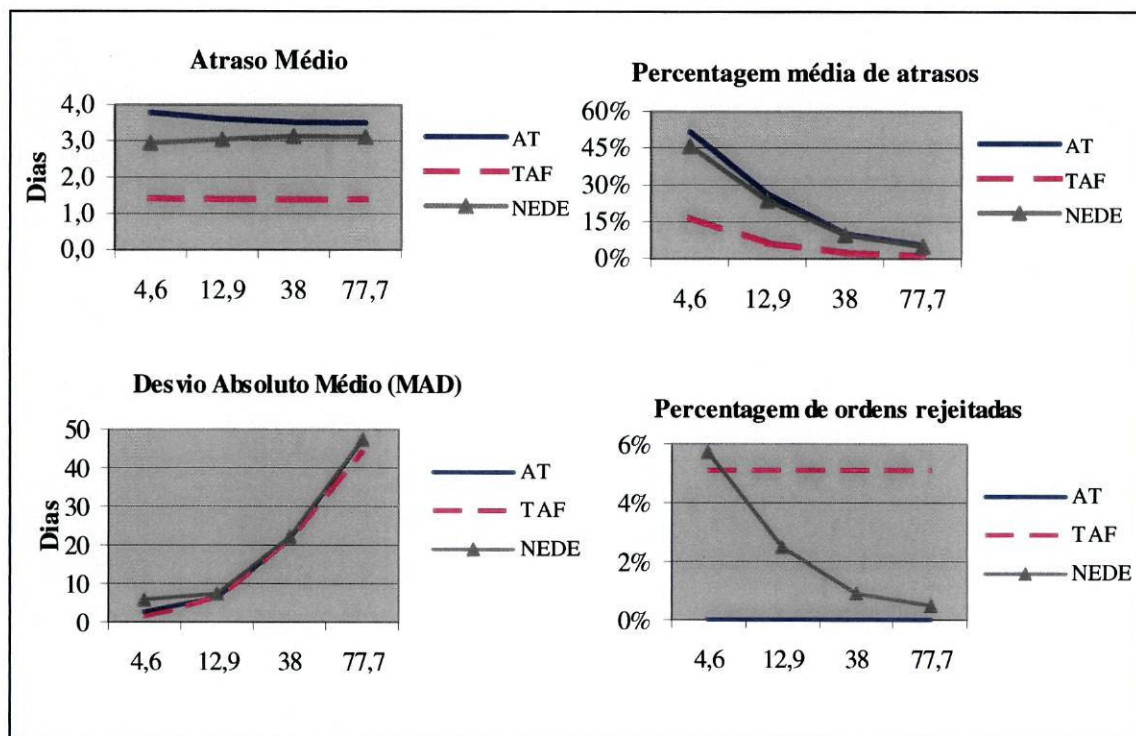


Figura 6.3. Medidas de desempenho relacionadas com a entrega (avaliação do NEDE)

Na quase totalidade dos indicadores, a regra NEDE possui um desempenho intermédio, ora aproximando-se mais dos valores obtidos quando a empresa utiliza a aceitação total, ora avizinhandose da *performance* da regra TAF. É claro que devemos ressaltar que estas conclusões só se referem ao caso em que não existe controlo no lançamento das ordens nem regra para efectuar o *dispatching*. E, nos casos em que o desempenho é idêntico ao do TAF, não nos podemos esquecer que esse desempenho é conseguido com um menor “sacrifício” na rejeição das ordens, pois a utilização da regra NEDE conduz a uma percentagem de ordens rejeitadas menor.

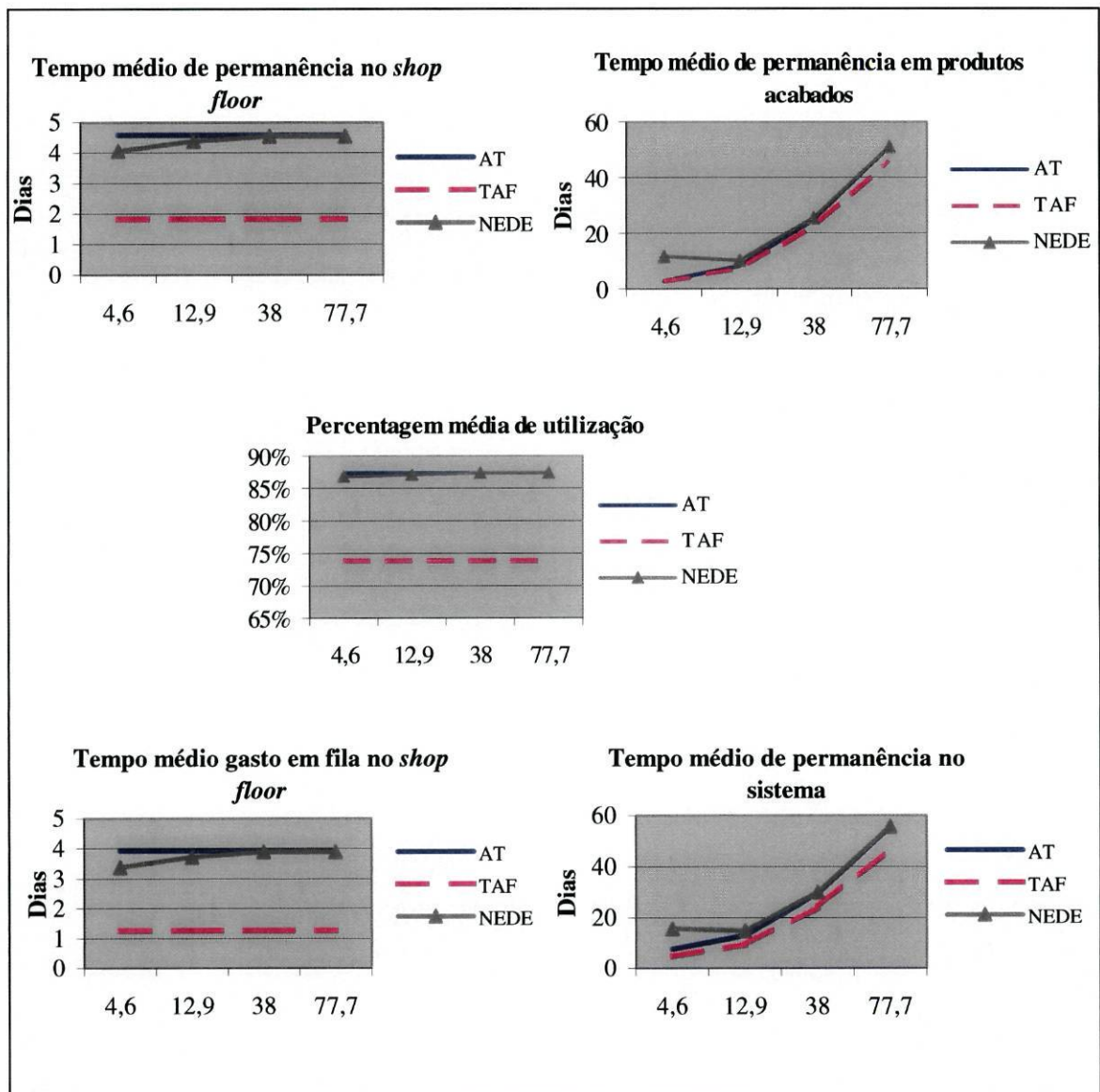


Figura 6.4. Medidas de desempenho relacionadas com a carga na *shop* (avaliação do NEDE)

O tempo médio de permanência na *pre shop pool* não foi aqui explicitado uma vez que as comparações das três regras de A/R são efectuadas, tendo fixadas as regras de lançamento e *dispatching*. Ora, se o lançamento é imediato, qualquer que seja a regra de aceitação adoptada, o tempo de permanência na *pre shop pool* será sempre de zero (ver Quadro 6.5.).

Os tempos médios de permanência em produtos acabados e no sistema assumem valores praticamente iguais no caso das regras TAF e NEDE. No entanto quando olhamos para o tempo médio de permanência no *shop floor* e, aí, o tempo gasto em fila, verificamos

que a regra TAF permite obter um melhor desempenho. Em termos da percentagem média de utilização do equipamento o mecanismo de aceitação ou rejeição TAF permite uma menor “sobrecarga” do *shop floor*.

Estas observações permite-nos concluir que, quando a empresa não está a controlar os lançamentos e o *dispatching*, a melhor regra de aceitação é aquela que se baseia somente na carga de trabalho aceite, e ainda não concluído, pela empresa.

#### **6. 4. Interações entre as várias decisões**

A avaliação conduzida nas duas secções anteriores foi efectuada olhando para os resultados da simulação quando se considera a aceitação total e um sequenciamento por ordem de chegada, no caso da análise do mecanismo CIOP; e o lançamento imediato e o *dispatching* por ordem de chegada no caso da avaliação da regra NEDE. Nesta secção iremos ver em que medida a combinação das regras propostas com outros mecanismos (que não a AT, o IMR e o FCFS) altera o valor observado para os diferentes indicadores de desempenho e em que medida.

Teremos que empreender três tipos de análise:

- avaliar o comportamento das regras NEDE e CIOP se a regra de *dispatching* utilizada for a EDD e não a FCFS,
- observar o comportamento da regra NEDE se o mecanismo de lançamento for o BIL, o MIL ou o CIOP e não o IMR,
- apreciar o comportamento da regra CIOP quando as regras de aceitação são a TAF ou a NEDE e não a AT.

A utilização da regra de *dispatching* EDD permite a obtenção de valores mais favoráveis para as várias medidas de desempenho. Se observarmos os gráficos contidos na Figura 6.5. vemos que, no que se refere ao desempenho das entregas, o número médio de dias de atraso é inferior quando se sequenciam os trabalhos por ordem crescente da data de entrega, seja qual for o valor considerado para o parâmetro  $k_{TWK}$ , assim como a percentagem média de ordens que terminaram após a data de entrega definida.

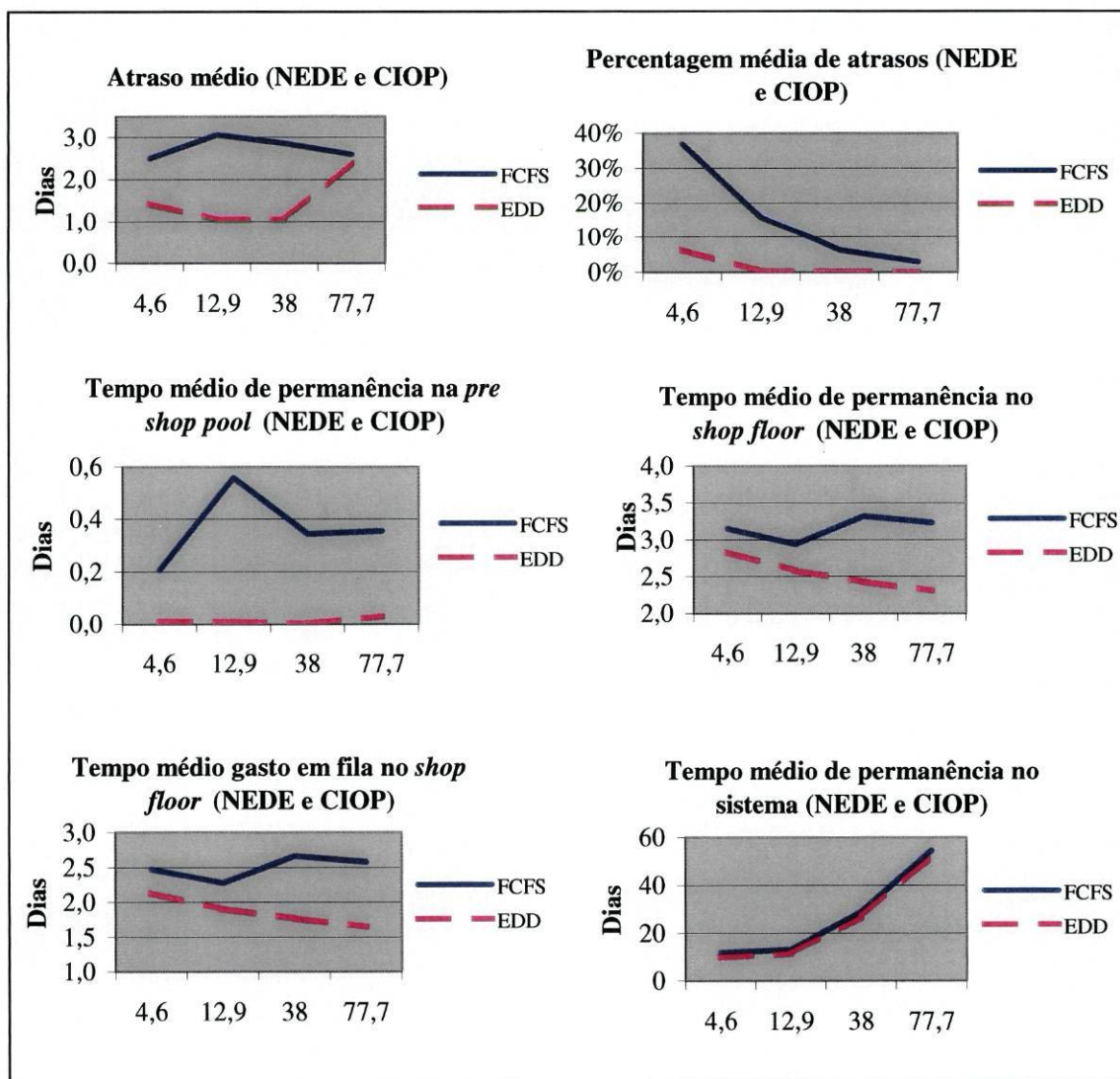


Figura 6.5. Comparação das medidas de desempenho quando se utiliza a regra FCFS versus EDD

Relativamente aos tempos gastos em cada uma das fases por onde as ordens passam, a combinação dos mecanismos propostos com a regra de *dispatching* EDD permite um melhor desempenho do que se se utilizar a FCFS. Apesar dos gráficos que aqui são explicitados estarem construídos tendo por base as regras NEDE e CIOP, aquela melhoria nas medidas de desempenho é visível quando os outros mecanismos de lançamento e as outras regras de aceitação são utilizados.

Na secção anterior concluímos que a regra de A/R proposta - NEDE - não mostrava superioridade absoluta em nenhuma medida de desempenho, quando combinada com o IMR. Mesmo tendo em atenção os outros mecanismos de lançamento, BIL e MIL, a regra NEDE é sempre pior que a TAF, tendo unicamente a vantagem de não rejeitar tantas ordens de encomenda e de, por via disso, possuir uma percentagem de utilização das máquinas mais indicada para a configuração do sistema em causa.

Vejamos o comportamento de dois dos indicadores de desempenho: atraso médio e tempo médio de permanência no sistema, quando combinamos as regras A/R com os mecanismos BIL, MIL e CIOP (Figura 6.6).

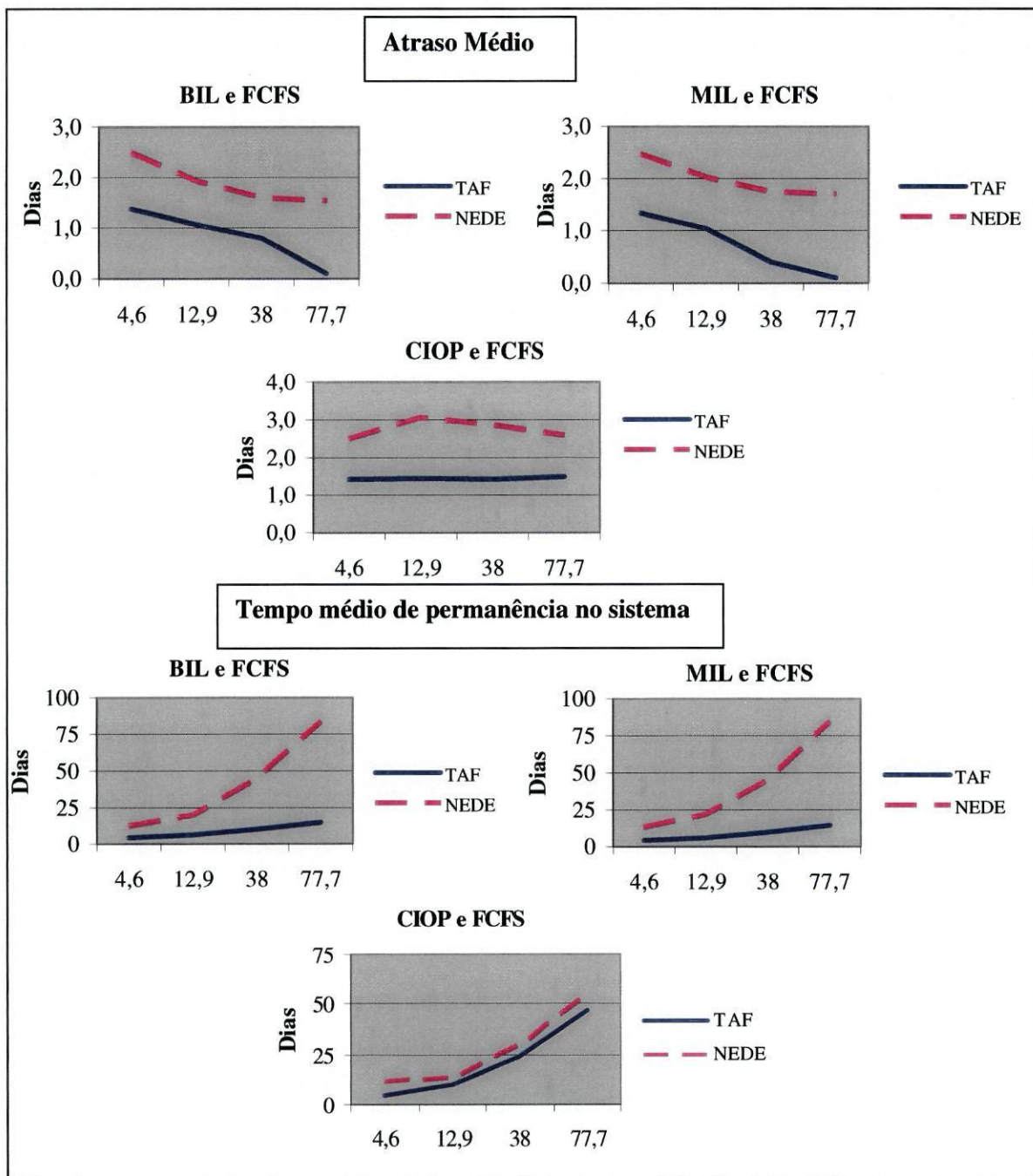


Figura 6.6 Atraso médio e tempo médio de permanência no sistema

No que se refere à análise da combinação da regra CIOP com as regras TAF e NEDE (e não a AT), o melhor desempenho do mecanismo *input/output* proposto é conseguido quando não existe controlo na aceitação. Uma vez que a gestão da carga na *shop* é feito pelo próprio mecanismo de lançamento, a introdução de um filtro à entrada esbate algumas das diferenças (positivas) mais significativas do mecanismo CIOP quando comparado com os outros propostos na literatura.

## Capítulo 7

### Conclusões e Perspectivas de investigação futura

Neste capítulo final, iremos sumariar os principais resultados do estudo experimental conduzido na investigação. Começaremos por discutir os objectivos formulados no início da tese, resumir os resultados obtidos para cada uma das questões colocadas mais relevantes, assim como realçar as contribuições originais da investigação. Termina-se com a apresentação de um conjunto de recomendações para investigação futura na área do planeamento e controlo da produção para as empresas *job shop*.

#### 7. 1. Objectivos da investigação

##### 7. 1. 1. Possibilidade de implementação do JIT em *job shop*

Começámos por efectuar um levantamento dos aspectos básicos, principais noções e características associadas ao sistema *just-in-time*. Investigámos os requisitos básicos necessários para uma implementação bem sucedida e apresentámos as vantagens mais frequentemente visíveis e as principais dificuldades (e possíveis inconvenientes) daquele sistema de produção. Posteriormente, passámos à caracterização do processo de produção *job shop*.

Apesar de se tratar do tipo de processo produtivo mais observado no universo das empresas portuguesas, a maior parte da investigação nesta área tem estado direccionada para as empresas de produção repetitiva, tendo sido esse um dos incentivos e um dos pontos de partida deste estudo: tentar aplicar, de forma adaptada, metodologias que revelaram sucesso no passado, mesmo em outro tipo de empresas ou processo produtivo – por exemplo o *just-in-time*. Com esse intuito, efectuámos um levantamento dos principais estudos existentes acerca da utilização do sistema JIT em empresas *job shop*, das metodologias propostas para acompanhar essa implementação, e dos modelos analíticos desenvolvidos de forma a implementar o sistema *just-in-time* em empresas de produção por encomenda.

### **7. 1. 2. Desenvolvimento de um sistema de planeamento e controlo das operações para as empresas *job shop***

Uma vez que o sistema JIT, tal como foi concebido originariamente, não podia ser implementado em *job shops* e tendo por base a sua filosofia de gestão, desenvolvemos um sistema de planeamento e controlo da produção (para aquelas empresas) que permitisse que as encomendas fossem expedidas o mais próximo possível da data de entrega (portanto, *just-in-time*). Efectuámos uma pesquisa das funções básicas e das características de um sistema de planeamento e controlo da produção para o processo produtivo genérico, sendo também discutido o conceito de planeamento hierárquico da produção. Depois, apresentámos o sistema integrado proposto, dando-se particular atenção à fase de lançamento dos trabalhos no *shop floor* e às várias decisões que têm que ser tomadas aquando da chegada de uma ordem de encomenda e, se for aceite, aquando do seu lançamento e processamento.

O sistema integrado proposto enfatizou as decisões a serem tomadas no curto prazo, uma vez que é neste horizonte temporal que os processos produtivos *job shop* e *flow shop* mais se distinguem. De modo a podermos propor mecanismos alternativos de programação e controlo, discutimos o problema do controlo da carga de trabalho (*input-output control*), passando posteriormente a uma discussão mais detalhada acerca dos mecanismos de lançamento (*order review/release*), que constitui um dos instrumentos mais importantes no controlo do *input*. Foi efectuada uma análise do papel dos mecanismos de lançamento no sistema de planeamento e controlo da produção, da

estrutura destes mecanismos, das suas actividades e componentes. De forma a desenvolvermos um mecanismo de lançamento que fosse de encontro aos nossos objectivos, procedemos à revisão das investigações existentes acerca das regras de lançamento, tendo proposto uma classificação alternativa da literatura, sendo esta estruturada de acordo com o objectivo que cada autor perseguia no seu estudo.

### **7. 1. 3. Desenvolvimento de uma regra de aceitação, rejeição ou negociação e de um mecanismo de lançamento dos trabalhos**

As principais contribuições consistiram no desenvolvimento de uma regra de aceitação/rejeição de encomendas e de um método de lançamento de ordens que permitisse à empresa terminar as encomendas o mais próximo possível da sua data de entrega.

A regra de A/R, que designámos de NEDE, foi pensada de tal forma que fosse permitida a aceitação de ordens de encomenda mesmo que a quantidade de trabalho na empresa ultrapassasse um determinado limite imposto internamente. Os principais objectivos da regra são: por um lado, controlar o *input* de trabalho na empresa tendo em atenção o número de ordens de encomenda rejeitadas e, por outro, permitir a aceitação de uma encomenda quando o limite é excedido em muito pouco. É óbvio que a entrada de mais ordens poderia conduzir a um maior congestionamento do *shop floor*. Mas, se acompanhada por uma adequada negociação da *due date*, o resultado global (em termos de desempenho) poderia ser positivo.

O mecanismo de lançamento proposto – CIOP – pretende controlar simultaneamente o *input* em termos de ordens lançadas para o *shop floor*, e o *output*, em termos de capacidade de produção da *shop*. O lançamento de uma ordem de encomenda já aceite para o *shop floor* ocorre sempre que chegue a data de lançamento mais tarde de uma ordem ou quando a quantidade de trabalho existente na fila de qualquer uma das máquinas seja de zero. Apesar de parecer ir contra a lógica associada ao *just-in-time*, a consideração deste último critério é importante devido ao facto de a utilização da capacidade ser um dos factores centrais em ambiente *job shop*. De facto, lançar trabalhos para evitar que as máquinas fiquem desocupadas não deve ser uma estratégia utilizada nas empresas de produção repetitiva, pois isso iria fazer surgir *stocks* de

produtos em curso ou de produtos acabados, que são considerados desperdício em *just-in-time*. No entanto, como o objecto de estudo é o processo produtivo *job shop*, na metodologia proposta achou-se conveniente introduzir um critério que evitasse a desocupação prolongada do equipamento (sendo, obviamente, ocupadas com as ordens já aceites e, destas, as que têm a data de entrega mais próxima). O controlo do *output* é efectuado em simultâneo, apurando-se, em cada dia, a quantidade de trabalho correspondente aos *jobs* que estão na *pre shop pool* (portanto, as ordens que, tendo sido aceites, ainda não iniciaram o processamento). A dimensão da *pre shop pool* é tomada como um indicador da necessidade de mais capacidade futura no *shop floor*.

Para além da apresentação das novas regras, foi discutida a metodologia adoptada (a simulação) e identificadas as tarefas necessárias para levar a cabo a investigação.

#### **7. 1. 4. Investigação das interacções entre as quatro grandes decisões e análise do desempenho das regras propostas**

Para estudarmos o desempenho de cada uma das regras utilizadas no estudo e as suas interacções, começámos por escolher os diversos parâmetros e por descrever todas as condições experimentais e as experiências prévias, assim como os procedimentos adoptados na simulação (quanto à sua duração, ao período de aquecimento do modelo e à estimação da média da amostra). Antes de se proceder à simulação final, foi necessário analisar cuidadosamente o comportamento do sistema, de forma a verificar se ele representava a realidade que nós pretendíamos modelar, ou seja, validar o modelo de simulação. Só depois é que foram conduzidas as principais experiências de simulação, de forma a determinar a relação existente entre as variáveis controláveis e incontroláveis, a comparar as diferentes políticas de decisão e a avaliar o comportamento do sistema em termos das medidas seleccionadas de desempenho.

#### **7. 2. Resumo dos principais resultados**

Quanto à questão da implementação do sistema de produção *just-in-time* em empresas de produção por encomenda, da análise efectuada concluímos que o sistema de produção *just-in-time*, tal como foi desenvolvido pela *Toyota*, não pode ser implementado em empresas com um processo produtivo *job shop*. O sistema foi

desenvolvido para as empresas com um processo de produção repetitivo de um ou mais (poucos) produtos e, portanto, com características muito diferentes dos processos de produção por encomenda. O que as empresas *job shop* podem e devem fazer é tentar implementar algumas das características do *just-in-time* na sua vertente de filosofia de gestão.

No que diz respeito ao desempenho das duas regras de decisão propostas podemos concluir o seguinte:

- Apesar da regra de aceitação proposta NEDE incluir mais informação que o TAF e de ser esperado um melhor desempenho em certas circunstâncias, a realidade é que, quando avaliamos as três regras de A/R, tomando como ponto de partida da análise o lançamento imediato e o *dispatching* por ordem de chegada, não se verifica uma superioridade absoluta da regra NEDE em nenhuma das medidas de desempenho seleccionadas. A regra NEDE, não obstante a sua sofisticação, não conduz a um desempenho que se avante à regra TAF. No entanto, não nos podemos esquecer que o desempenho é conseguido com um menor “sacrifício” na rejeição das ordens, pois a utilização da regra NEDE leva a uma menor percentagem de ordens rejeitadas.
- O mecanismo proposto, CIOP, é o que tem melhor *performance* na maioria dos indicadores de desempenho relacionados com as entregas e com a carga na *shop*, à excepção do desvio absoluto médio e do tempo médio de permanência em produtos acabados, quando as datas de entrega são muito distantes. No entanto, esta situação de datas de entregas muito folgadas está mais longe da realidade que a definição de datas “apertadas”, próximas da data de entrada da encomenda na empresa. A implementação da regra CIOP permite a obtenção de uma clara melhoria das medidas de desempenho relacionadas com o atraso médio e a percentagem de atrasos, assim como o tempo médio gasto em fila e o tempo médio (total) de permanência no sistema.

Quanto às interacções existentes entre as várias regras de decisão e seu impacto nas medidas de desempenho, concluímos que:

- A medida de desempenho atraso médio (número médio de dias de atraso na entrega) diminui quando são definidas datas de entrega mais distantes (portanto, quando aumentamos o  $k_{TWK}$ ). A utilização de um mecanismo que limite a aceitação de encomendas (TAF ou NEDE) permite também uma diminuição do atraso médio. A utilização da regra de *dispatching* EDD permite uma diminuição considerável no atraso médio, qualquer que seja o mecanismo de A/R ou de O/R ou o  $k_{TWK}$  considerado.
- Quer o alargamento da data de entrega prometida (aumento do  $k_{TWK}$ ), quer a utilização de um filtro à aceitação de encomendas, quer, ainda, a implementação da regra de *dispatching* EDD, permitem uma diminuição na percentagem de ordens entregues com atraso.
- No que diz respeito à percentagem média de ordens rejeitadas, a utilização de regras de aceitação, negociação ou rejeição implica um aumento daquela percentagem; no entanto, estes efeitos são minimizados se se combinar a sua utilização com os mecanismos de lançamento CIOP ou IMR.
- A introdução de uma fase de negociação da ordem, antes de a rejeitar definitivamente, permite diminuir consideravelmente a percentagem média de ordens rejeitadas.
- Quando as datas de entrega são definidas de uma forma relativamente “apertada” não existe grande diferença entre os vários mecanismos de lançamento. No entanto, à medida que as *due date* são definidas de uma forma mais folgada, o desvio absoluto médio assume valores muito mais baixos quando se utilizam os mecanismos BIL e MIL para se decidir o momento e a ordem a ser lançada. Tal facto deve-se essencialmente ao elevado valor do tempo de permanência das ordens no armazém de produtos acabados quando estamos perante o lançamento imediato e a regra CIOP.
- De uma forma geral, o tempo que uma ordem de encomenda demora, desde que é lançada até estar concluída diminui quando a regra de *dispatching* EDD é utilizada e quando se está perante a possibilidade de rejeição de encomendas.

- Quando se seleccionam, para serem processadas nas máquinas, as ordens que possuem a data de entrega mais cedo (EDD) o adianto médio diminui, sejam quais forem as regras de decisão de lançamento, de aceitação ou de definição da *due date*. Globalmente analisado, podemos concluir que o adianto médio é sempre menor quando as regras de lançamento são a BIL ou a MIL, mostrando esta último uma supremacia em relação ao outro. Uma vez que o mecanismo CIOP permite a entrada de uma ordem no *shop floor* quando alguma máquina fica desocupada ou é chegada a data de lançamento mais tarde de alguma ordem, haverá tendência para as ordens terminarem mais cedo que a data de entrega definida (e, por via disso, permanecerem mais tempo em produtos acabados, que no caso do BIL ou MIL).

### **7. 3. Contribuições originais da investigação**

O presente estudo inclui diversas contribuições novas na área do planeamento e controlo das operações nas empresas com um processo produtivo *job shop*, a saber:

- i) Resumo das investigações existentes acerca do JIT em ambiente *job shop*, e estudo da possibilidade de implementação do sistema de produção *just-in-time* em empresas com um processo de produção por encomenda.
- ii) Desenvolvimento de um sistema integrado de planeamento e controlo das operações para as empresas *job shop*. Os sistemas propostos em investigações anteriores estão direccionados para as empresas com um processo de produção repetitiva.
- iii) Resumo das investigações existentes e classificação da literatura em quatro categorias: estudos descritivos ou empíricos; investigação baseada em simulações de *job shops*; e o mecanismo de lançamento entendido como um passo para alcançar o *just-in-time*.
- iv) Desenvolvimento e simulação de uma regra de decisão relacionada com a aceitação/rejeição de determinada ordem de encomenda. Trata-se de uma decisão que normalmente é ignorada nas empresas, tendo elas a tendência de

aceitar todas as ordens, mesmo que sacrificando fortemente o desempenho na entrega.

- v) Desenvolvimento e simulação de uma regra de decisão referente ao lançamento das ordens (já aceites) no *shop floor*. Este mecanismo de lançamento tem a particularidade de controlar o *input* e o *output*.
- vi) Estudo das interacções mais relevantes existentes entre as várias decisões consideradas na investigação – A/R, D/D, O/R e *dispatch*.

#### **7. 4. Tópicos de investigação futura**

Nas últimas décadas tem-se assistido a um crescendo de publicações na área do planeamento da produção, principalmente no desenvolvimento de métodos de programação e controlo das operações. Mas, infelizmente, o sector das empresas de produção por encomenda é o menos contemplado por esses estudos. Por isso, a mera investigação da realidade que este tipo de empresas enfrenta e o estudo de novos métodos de gestão global, constitui um incentivo à investigação futura, de forma a explorar todo o potencial deste sector. No entanto, baseado na investigação conduzida nesta tese, podemos indicar as seguintes direcções para investigação futura:

- i) O desenvolvimento e experimentação de regras de aceitação, de lançamento e de *dispatching* mais sofisticadas, tendo em atenção outros aspectos que caracterizem a ordem de encomenda (por exemplo, a classificação entre ordens urgentes e ordens normais, o tipo de cliente em termos de importância para a empresa, ...).
- ii) Alguns dos pressupostos assumidos neste estudo podem ser relaxados como por exemplo, incluir a possibilidade de avaria das máquinas e de existir um certo tempo dedicado à manutenção preventiva.
- iii) Exploração de novos cenários possíveis, por exemplo, estendendo a dimensão do *shop floor* (mais máquinas por secção) ou alterando o *layout*.

- iv) Analisar a sensibilidade do modelo de simulação construído à alteração de alguns parâmetros mantidos constantes nesta investigação, por exemplo analisar a questão da tolerância dos clientes ao alargamento do prazo de entrega.
- v) Investigar as interacções entre os métodos de aceitação, *due date*, *order release* e *dispatching* e os seus efeitos numa medida de performance global da *shop*, por exemplo o custo total. Estudar o efeito de vários factores independentes numa variável dependente recorrendo à Análise de Variância para investigar os efeitos principais, os de segunda ordem ou até de terceira ordem.

## **Apêndice A**

### **Definição dos termos utilizados na literatura**

### **A.1. – Definições relacionadas com o tempo**

*Set up time* - tempo que um trabalho está à espera para que a máquina onde vai ser processado seja preparada.

*Queue time* - tempo que um trabalho gasta à espera na secção/máquina onde vai ser processado, porque esta se encontra ocupada com outro trabalho.

*Total lead time* - tempo que decorre entre o momento em que uma ordem é aceite e a sua conclusão.

*Pool time* – tempo que decorre entre o momento em que uma ordem é aceite e o momento em que é lançada para produção.

### **A.2. – Definições dos mecanismos de lançamento e termos associados**

*A/R* – Decisão de aceitação ou rejeição

*D/D* – Decisão de definição da *due date*

*O/R* – Decisão de lançamento de ordens

*DD* - *due date*: data de entrega prometida para determinada ordem

*RD* - *release date*: data de lançamento da *pre shop pool* para o *shop floor* de determinada ordem

*MIL* – *modified infinite loading*

*MNJ* – *maximum number of jobs* : mecanismo de lançamento apresentado em Ragatz e Mabert (1988). Esta técnica está próxima da lógica de controlo *input/output* apresentada por Wight (1970). No início de cada dia, os *jobs* com maior prioridade (determinada de acordo com determinada regra) são lançados para o *shop floor*, em de cada vez, até que todos os *jobs* estejam lançados ou o número de *jobs* na *shop* tenha atingido um máximo especificado – *m* (factor de planeamento).

*IMR* – *immediate release*

*IR – interval release*: mecanismo de lançamento que corresponde a uma versão periódica do *immediate release*. Os *jobs* não são lançados de imediato, mas são numa primeira fase acumulados até que chegue o período de lançamento (por exemplo um novo turno). É um mecanismo que se engloba nas técnicas *forward infinite loading*.

*AGG – aggregate loading*: mecanismo de lançamento onde os *jobs* são lançados de acordo com a carga total actual da *shop*. Este mecanismo assemelha-se a uma válvula de lançamento que permite a entrada dos *jobs* no *shop floor* até um determinado nível de carga da *shop*. A carga total da *shop* pode ser medida em termos do número de horas de trabalho ou do número total de *jobs* no *shop floor*.

*WIBL – workcenter information based loading*: mecanismo de lançamento onde os *jobs* são lançados de acordo com a carga actual da *shop* em determinados centros de trabalho, por exemplo, os centros que fazem parte do *routing* do *job*. Estes mecanismos requerem uma informação mais detalhada acerca da carga nos diferentes centros de trabalho.

*FFL - forward finite loading*: técnica de lançamento em que se considera a carga finita, sendo o lançamento iniciado tendo em atenção a primeira operação dos *jobs*. Esta regra atribui a execução de determinados *jobs* a centros de trabalho, tendo em atenção a capacidade disponível (ainda não utilizada/afectada) de cada centro de trabalho. À medida que a capacidade da máquina (ou centro de trabalho) vai sendo utilizada, outros *jobs* vão sendo afectados até que todas as operações tenham sido programadas. A data de lançamento FFL é calculada utilizando, por exemplo, um dos seguintes critérios:

$RD_i$  = quando a primeira máquina onde o *job*  $i$  vai ser processado estiver sub carregada

$RD_i$  = quando a primeira máquina onde o *job*  $i$  vai ser processado estiver sub carregada e o tempo de fluxo esperado do *job*  $i$  for igual à data de entrega prometida deduzida da data actual.

$RD$  = sempre que a carga do *shop* for inferior à carga desejada

RD = sempre que um *job* tenha sido concluído

*BFL* – *backward finite loading*: técnica de lançamento em que se considera a carga finita, sendo o lançamento iniciado tendo em atenção a última operação dos *jobs*. Este método opera na direcção oposta do FFL: cada operação é programada de acordo com a capacidade disponível do centro de trabalho correspondente à última operação do *job*, e “andando para trás” a partir da data de entrega prometida do *job*. Os *jobs* são lançados na data de início planeada e carregadas “para trás” para reservar capacidade. Este mecanismo utiliza informação acerca do *job* (due date, número de operações, tempo de processamento por operação), assim como informação detalhada acerca do estado actual, em termos de trabalho, da *shop* (perfil de carga faseado no tempo para cada máquina).

*FIL* - *forward infinite loading*: técnica de lançamento em que se considera a carga infinita, sendo o lançamento iniciado tendo em atenção a primeira operação dos *jobs*. Normalmente esta técnica refere-se ao lançamento imediato (IMR) ou ao lançamento periódico (IR).

*BIL* - *backward infinite loading*

*ORR* – *order release/review*: mecanismos ou políticas de lançamento de ordens para o *shop floor*.

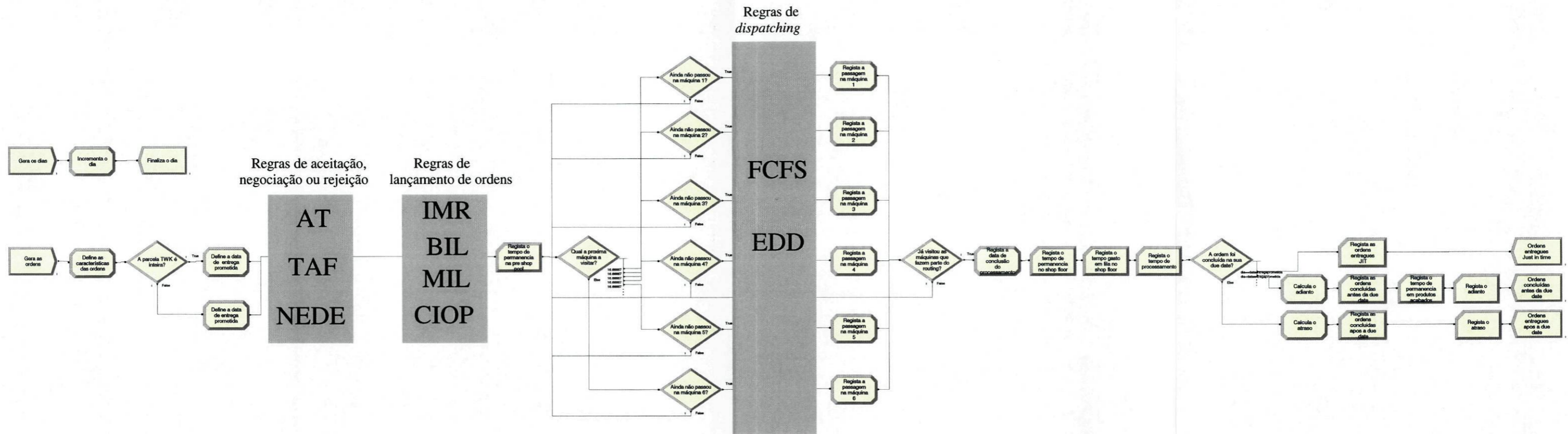
*AGGWNQ* – *Aggregate workload trigger, work-in-next queue selection*: regra de lançamento de ordens desenvolvida por Melnyk e Ragatz (1989). O lançamento é iniciado quando a carga de trabalho global da *shop* desça abaixo das 180 horas. A selecção do *job* a ser lançado é baseado na regra do menor trabalho na próxima fila.

*WCEDD* – *Work center workload trigger, earliest due date selection*: regra de lançamento de ordens desenvolvida por Melnyk e Ragatz (1989). O lançamento é iniciado sempre que a quantidade de trabalho na fila de qualquer centro, desça abaixo das 10 horas. A regra selecciona o *job* com a menor *due date*, de entre os *jobs* que têm a primeira operação no centro de trabalho que iniciou o lançamento.

## **Apêndice B**

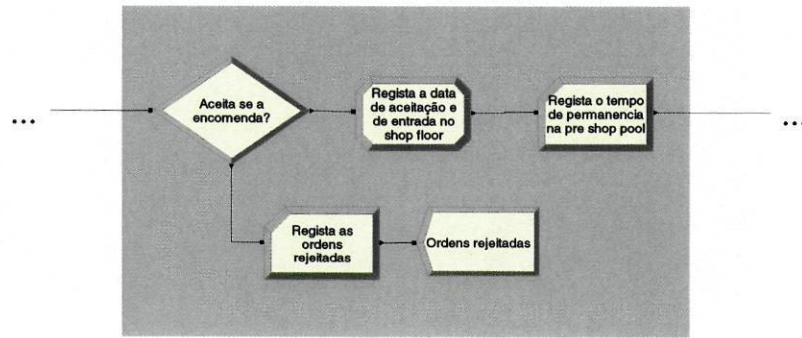
### **Esquemas dos modelos referentes às diferentes regras de decisão**

# Modelo global

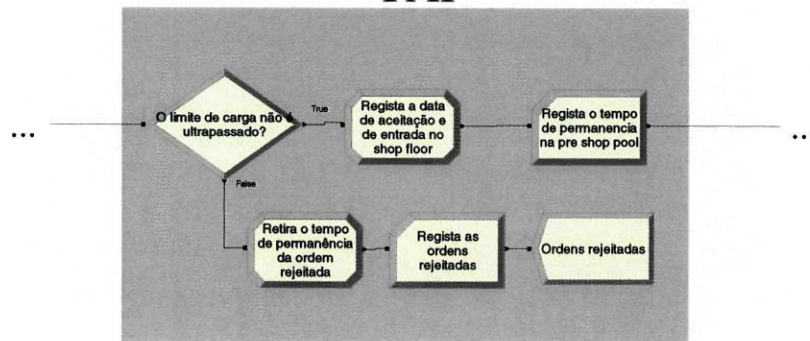


# Regras de aceitação, negociação ou rejeição

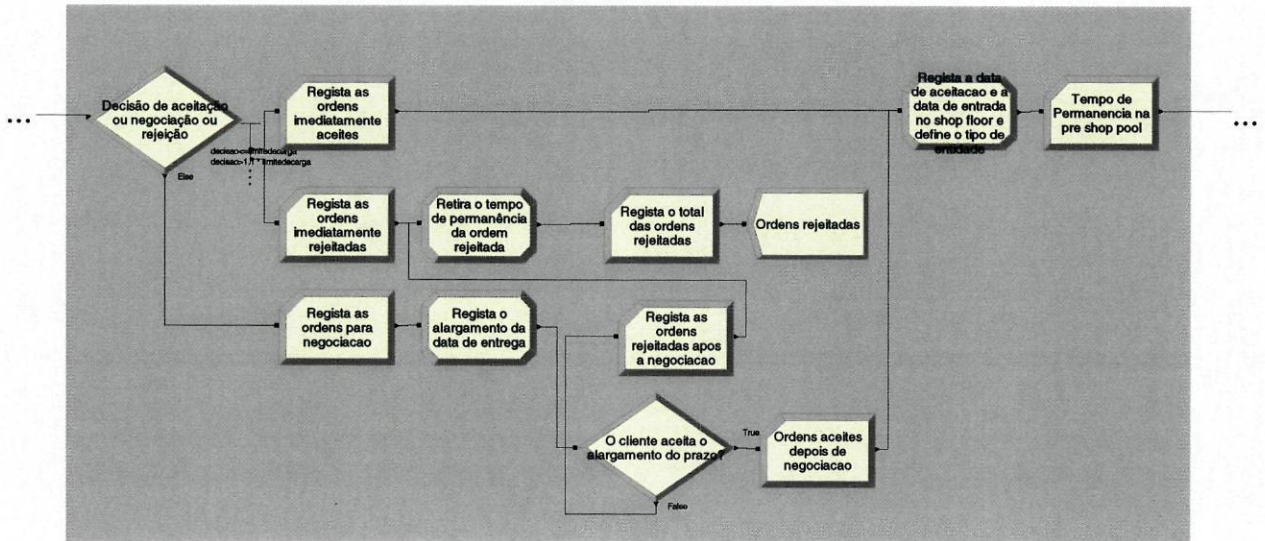
## AT



## TAF



## NEDE

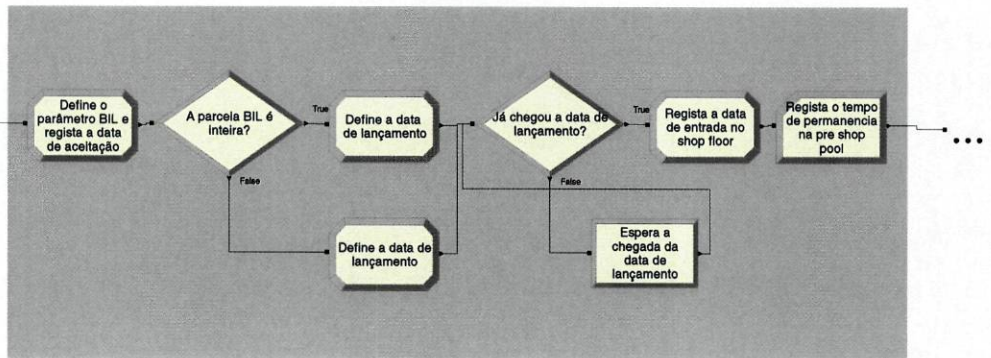


# Regras de lançamento

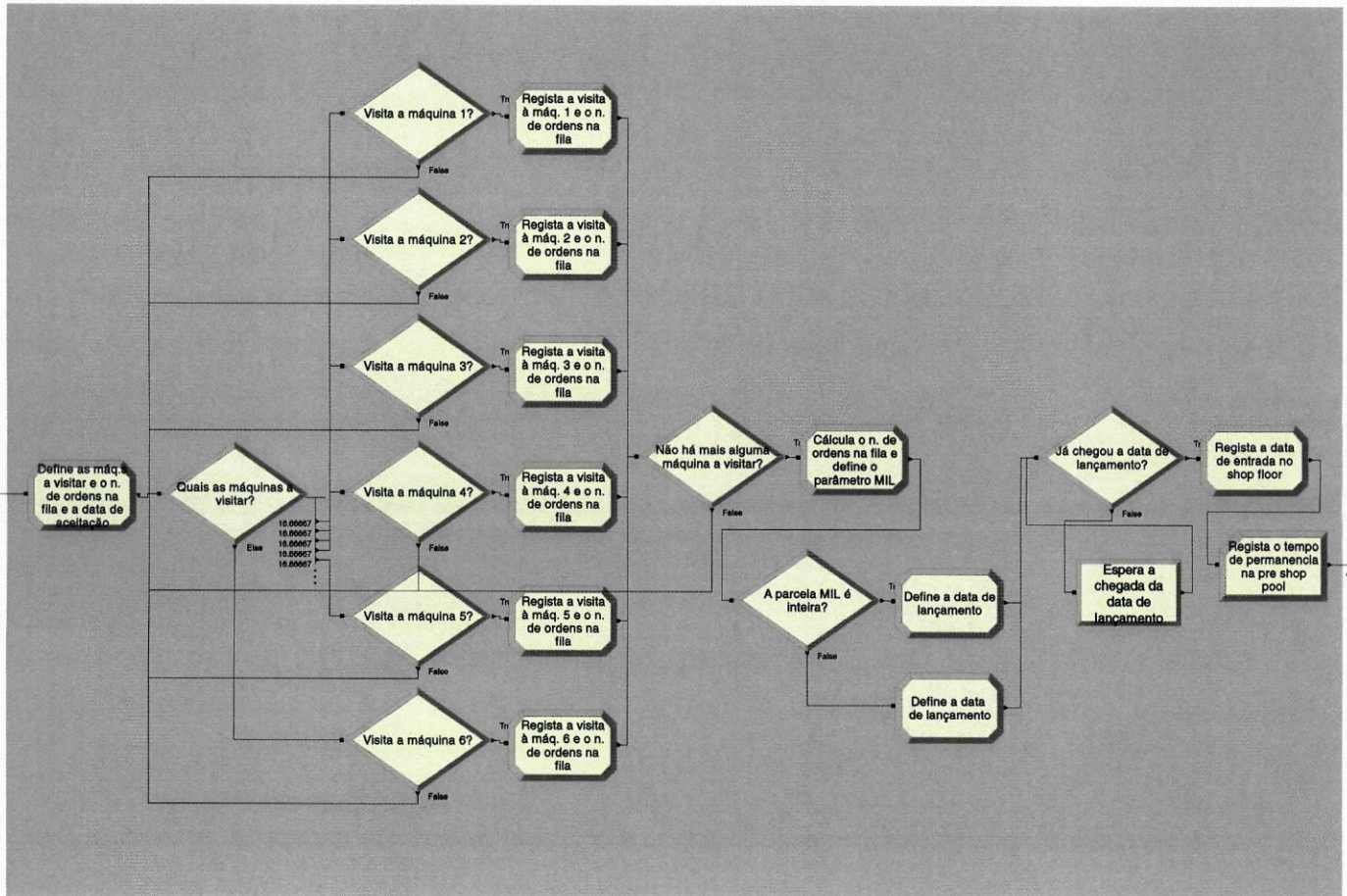
## IMR



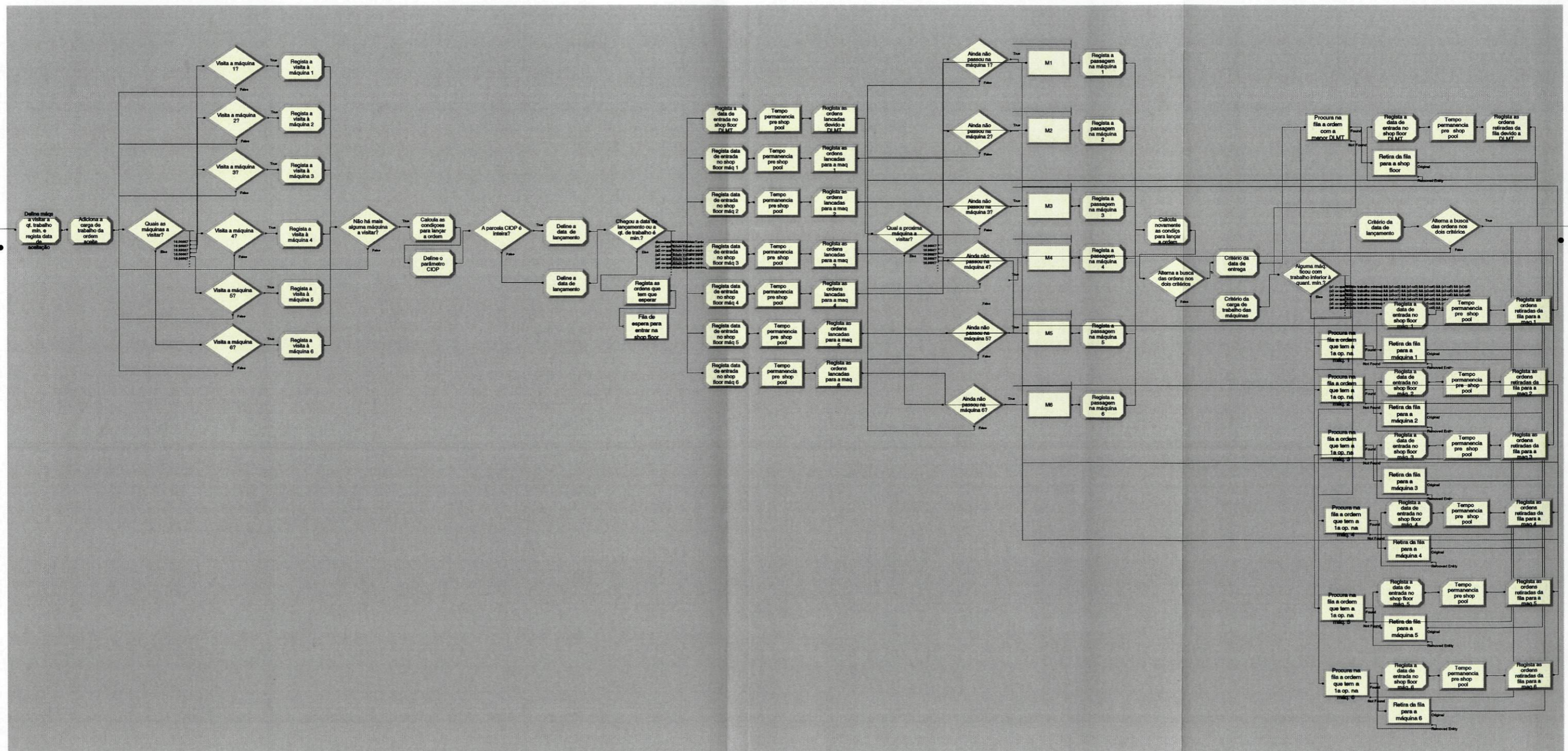
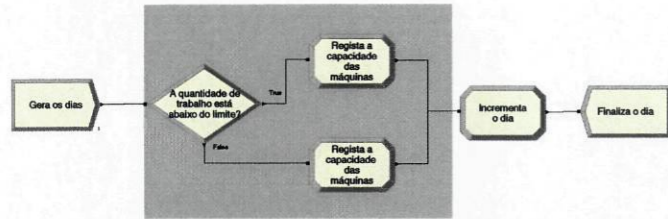
## BIL



## MIL

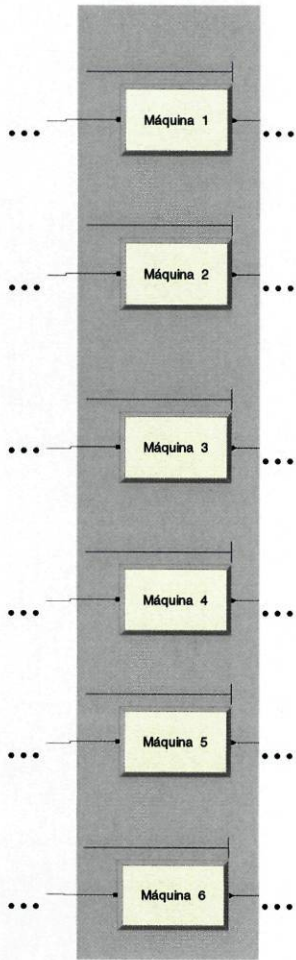


# CIOP

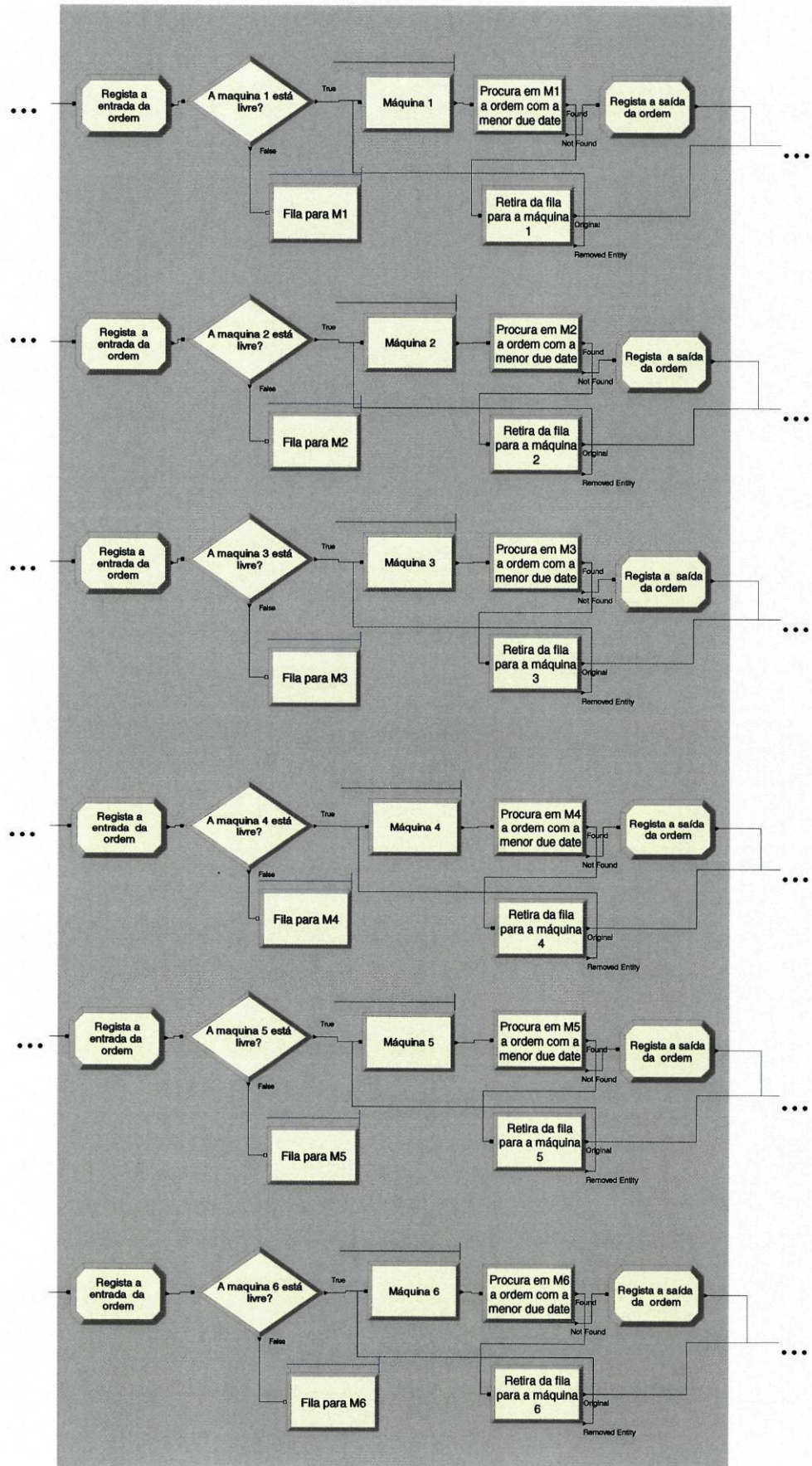


# Regras de *dispatching*

## FCFS



## EDD



## **Apêndice C**

**Quadros com as principais medidas de desempenho  
obtidas dos resultados preliminares das 24  
combinações de regras de decisão**

Regras de A/R	Regras de O/R	Regras de <i>dispatching</i>									
		FCFS					EDD				
		ktwk	4,6	12,9	38	77,7	ktwk	4,6	12,9	38	77,7
AT	IMR	3,661	3,526	3,425	3,411	1,853	1,063	1,066	1,063		
	BIL	3,732	3,666	3,035	2,823	2,213	1,940	1,611	1,624		
	MIL	3,905	4,330	3,325	3,172	2,022	1,993	1,810	4,300		
	CIOP	2,436	2,687	2,377	2,119	1,666	1,090	2,411	2,132		
TAF	IMR	1,414	1,400	1,392	1,385	1,047	1,075	1,040	1,068		
	BIL	1,381	1,048	1,000	0,000	1,048	1,077	0,000	0,000		
	MIL	1,320	1,065	0,000	0,000	1,043	1,031	0,000	0,000		
	CIOP	1,413	1,442	1,390	1,394	1,042	1,034	1,011	1,071		
NEDE	IMR	2,877	3,002	3,120	3,356	1,333	1,057	1,082	1,081		
	BIL	2,502	2,036	1,343	2,522	1,385	1,184	1,500	1,183		
	MIL	2,510	2,006	1,819	1,557	1,579	1,243	1,457	1,566		
	CIOP	2,517	2,986	2,573	2,417	1,406	1,041	1,024	1,000		

Quadro C.1. Atraso Médio (dias)

Regras de A/R	Regras de O/R	Regras de <i>dispatching</i>									
		FCFS					EDD				
		ktwk	4,6	12,9	38	77,7	4,6	12,9	38	77,7	
AT	IMR	2,762	6,275	21,555	47,107	1,338	6,532	23,053	48,891		
	BIL	2,755	3,708	5,073	5,695	1,367	3,214	5,000	5,530		
	MIL	2,796	3,717	4,596	4,925	1,297	2,861	4,277	4,811		
	CIOP	2,112	6,428	21,694	46,389	1,691	6,375	20,759	43,641		
TAF	IMR	1,829	6,337	20,809	43,864	1,850	6,663	21,177	44,341		
	BIL	1,782	4,235	5,769	6,425	1,812	4,252	5,772	6,401		
	MIL	1,742	3,776	4,945	5,415	1,769	3,792	4,964	5,423		
	CIOP	1,827	6,315	20,770	43,443	1,851	6,617	21,123	43,957		
NEDE	IMR	5,250	7,504	22,161	47,471	4,585	8,504	23,828	49,621		
	BIL	2,124	4,276	6,833	6,944	1,648	4,734	6,862	6,928		
	MIL	2,081	3,887	5,416	5,576	1,710	4,182	5,410	5,445		
	CIOP	4,291	7,513	22,606	47,999	4,489	8,287	23,910	49,427		

Quadro C.2. Desvio Absoluto Médio - MAD (dias)

Regras de A/R	Regras de O/R	Regras de <i>dispatching</i>									
		FCFS					EDD				
		κτωκ	4,6	12,9	38	77,7	κτωκ	4,6	12,9	38	77,7
AT	IMR	49,7%	25,0%	10,0%	5,0%	13,8%	0,7%	0,2%	0,1%		
	BIL	52,6%	29,6%	11,4%	6,6%	19,4%	4,0%	0,9%	0,5%		
	MIL	52,0%	30,2%	12,2%	9,2%	23,4%	4,0%	2,0%	1,4%		
	CIOP	34,1%	13,3%	4,9%	2,6%	1,9%	0,4%	0,2%	0,1%		
TAF	IMR	16,6%	6,3%	2,2%	1,1%	1,2%	0,4%	0,1%	0,1%		
	BIL	14,1%	0,4%	0,0%	0,0%	1,0%	0,1%	0,0%	0,0%		
	MIL	12,0%	0,3%	0,0%	0,0%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%		
	CIOP	16,3%	6,2%	2,2%	1,0%	1,1%	0,3%	0,1%	0,1%		
NEDE	IMR	44,4%	24,1%	10,0%	5,0%	5,3%	0,3%	0,1%	0,0%		
	BIL	37,6%	8,0%	0,6%	0,9%	4,8%	0,1%	0,0%	0,0%		
	MIL	33,4%	6,8%	1,5%	0,9%	4,4%	0,2%	0,1%	0,3%		
	CIOP	37,2%	16,2%	5,8%	3,0%	5,2%	0,3%	0,1%	0,1%		

Quadro C.3. Percentagem médio de atrasos

Regras de A/R	Regras de O/R	Regras de <i>dispatching</i>									
		FCFS					EDD				
		κτωκ	4,6	12,9	38	77,7	κτωκ	4,6	12,9	38	77,7
AT	IMR	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
	BIL	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
	MIL	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
	CIOP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
TAF	IMR	5,1%	5,1%	5,1%	5,1%	5,3%	5,3%	5,1%	5,3%		
	BIL	6,5%	22,7%	47,4%	59,8%	6,4%	22,3%	47,9%	60,6%		
	MIL	7,0%	25,8%	49,3%	61,5%	7,4%	25,3%	49,3%	61,2%		
	CIOP	5,3%	5,5%	5,4%	5,2%	5,7%	5,7%	5,5%	5,3%		
NEDE	IMR	5,1%	2,4%	1,0%	0,5%	6,4%	3,5%	1,0%	0,6%		
	BIL	10,5%	21,8%	32,0%	35,7%	17,6%	22,9%	32,6%	35,3%		
	MIL	14,9%	24,4%	33,9%	36,1%	20,6%	26,8%	34,3%	35,9%		
	CIOP	3,5%	1,4%	0,5%	0,3%	6,9%	3,1%	1,2%	0,4%		

Quadro C.4. Percentagem média de ordens rejeitadas

Regras de A/R	Regras de O/R	Regras de <i>dispatching</i>							
		FCFS				EDD			
		k <sub>TWK</sub>	4,6	12,9	38	77,7	4,6	12,9	38
AT	IMR	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	BIL	0,111	2,589	16,505	41,500	0,109	2,618	16,523	41,755
	MIL	0,140	2,734	16,999	42,201	0,172	3,001	17,193	42,415
	CIOP	0,158	0,374	0,233	0,245	0,017	0,002	0,024	0,084
TAF	IMR	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	BIL	0,052	0,917	3,870	8,073	0,052	0,912	3,880	8,103
	MIL	0,095	1,136	4,330	8,728	0,100	1,121	4,318	8,758
	CIOP	0,000	0,010	0,013	0,055	0,000	0,000	0,002	0,021
NEDE	IMR	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	BIL	4,503	11,052	33,292	73,684	7,413	11,493	33,628	73,140
	MIL	6,460	13,788	36,179	74,950	8,811	14,957	36,605	75,548
	CIOP	0,208	0,537	0,306	0,348	0,007	0,006	0,003	0,027

Quadro C.5. Tempo médio de permanência na *pre shop pool* (dias)

Regras de A/R	Regras de O/R	Regras de <i>dispatching</i>							
		FCFS				EDD			
		k <sub>TWK</sub>	4,6	12,9	38	77,7	4,6	12,9	38
AT	IMR	0,652	0,652	0,652	0,652	0,653	0,656	0,656	0,653
	BIL	0,657	0,655	0,651	0,651	0,654	0,657	0,652	0,655
	MIL	0,652	0,655	0,654	0,655	0,652	0,655	0,650	0,653
	CIOP	0,636	0,625	0,628	0,627	0,572	0,575	0,573	0,576
TAF	IMR	0,582	0,582	0,582	0,582	0,577	0,582	0,580	0,582
	BIL	0,567	0,416	0,249	0,183	0,563	0,413	0,249	0,183
	MIL	0,558	0,392	0,239	0,178	0,553	0,389	0,239	0,179
	CIOP	0,581	0,579	0,581	0,576	0,578	0,579	0,578	0,577
NEDE	IMR	0,681	0,673	0,665	0,657	0,690	0,676	0,663	0,660
	BIL	0,718	0,813	0,902	0,950	0,758	0,819	0,911	0,946
	MIL	0,742	0,828	0,928	0,952	0,778	0,853	0,933	0,953
	CIOP	0,674	0,666	0,656	0,654	0,695	0,676	0,665	0,657

Quadro C.6. Tempo médio de processamento (dias)

Regras de A/R	Regras de O/R	Regras de <i>dispatching</i>							
		FCFS				EDD			
		k <sub>rwk</sub>	4,6	12,9	38	77,7	4,6	12,9	38
AT	IMR	3,741	3,741	3,741	3,741	2,036	1,785	1,702	1,640
	BIL	3,946	4,176	3,660	3,575	2,258	2,644	3,105	3,410
	MIL	3,988	4,463	3,889	4,205	2,348	2,598	3,124	3,451
	CIOP	2,200	1,833	2,009	2,079	0,937	0,970	0,926	0,908
TAF	IMR	1,253	1,253	1,253	1,253	0,772	0,767	0,764	0,772
	BIL	1,112	0,308	0,061	0,024	0,705	0,249	0,059	0,024
	MIL	1,012	0,252	0,054	0,023	0,660	0,211	0,051	0,022
	CIOP	1,243	1,239	1,238	1,178	0,775	0,765	0,761	0,752
NEDE	IMR	3,258	3,764	4,031	4,041	2,037	1,990	1,704	1,749
	BIL	2,911	3,004	2,613	2,584	1,824	2,295	2,545	2,551
	MIL	2,779	2,905	2,718	2,488	1,731	2,393	2,616	2,609
	CIOP	2,481	2,317	2,475	2,582	2,038	1,855	1,800	1,620

Quadro C.7. Tempo médio gasto em fila no *shop floor* (dias)

Regras de A/R	Regras de O/R	Regras de <i>dispatching</i>							
		FCFS				EDD			
		k <sub>rwk</sub>	4,6	12,9	38	77,7	4,6	12,9	38
AT	IMR	4,393	4,393	4,393	4,393	2,689	2,441	2,358	2,293
	BIL	4,603	4,831	4,311	4,226	2,912	3,301	3,757	4,065
	MIL	4,640	5,118	4,543	4,860	3,000	3,253	3,774	4,104
	CIOP	2,836	2,458	2,637	2,706	1,509	1,545	1,499	1,484
TAF	IMR	1,835	1,835	1,835	1,835	1,349	1,349	1,344	1,354
	BIL	1,679	0,724	0,310	0,207	1,268	0,662	0,308	0,207
	MIL	1,570	0,644	0,293	0,201	1,213	0,600	0,290	0,201
	CIOP	1,824	1,818	1,819	1,754	1,353	1,344	1,339	1,329
NEDE	IMR	3,939	4,437	4,696	4,698	2,727	2,666	2,367	2,409
	BIL	3,629	3,817	3,515	3,534	2,582	3,114	3,456	3,497
	MIL	3,521	3,733	3,646	3,440	2,509	3,246	3,549	3,562
	CIOP	3,155	2,983	3,131	3,236	2,733	2,531	2,465	2,277

Quadro C.8. Tempo médio de permanência no *shop floor* (dias)

Regras de A/R	Regras de O/R	Regras de <i>dispatching</i>							
		FCFS				EDD			
		K <sub>TRWK</sub>	4,6	12,9	38	77,7	4,6	12,9	38
AT	IMR	4,393	4,393	4,393	4,393	2,689	2,441	2,358	2,293
	BIL	4,714	7,420	20,816	45,726	3,021	5,919	20,280	45,820
	MIL	4,780	7,852	21,542	47,061	3,172	6,254	20,967	46,519
	CIOP	2,994	2,832	2,870	2,951	1,526	1,547	1,523	1,568
TAF	IMR	1,835	1,835	1,835	1,835	1,349	1,349	1,344	1,354
	BIL	1,731	1,641	4,180	8,280	1,320	1,574	4,188	8,310
	MIL	1,665	1,780	4,623	8,929	1,313	1,721	4,608	8,959
	CIOP	1,824	1,828	1,832	1,809	1,353	1,344	1,341	1,350
NEDE	IMR	3,939	4,437	4,696	4,698	2,727	2,666	2,367	2,409
	BIL	8,132	14,869	36,807	77,218	9,995	14,607	37,084	76,637
	MIL	9,981	17,521	39,825	78,390	11,320	18,203	40,154	79,110
	CIOP	3,363	3,520	3,437	3,584	2,740	2,537	2,468	2,304

Quadro C.9. Tempo médio de fluxo (tempo na pre shop + tempo no shop floor) (dias)

Regras de A/R	Regras de O/R	Regras de <i>dispatching</i>							
		FCFS				EDD			
		K <sub>TRWK</sub>	4,6	12,9	38	77,7	4,6	12,9	38
AT	IMR	2,815	8,266	24,675	50,523	1,826	7,054	23,641	49,538
	BIL	2,523	4,377	5,725	6,177	1,728	3,590	5,187	5,642
	MIL	2,405	4,034	5,118	5,394	1,665	3,208	4,496	4,917
	CIOP	2,867	8,011	23,712	48,574	2,137	6,854	21,261	44,165
TAF	IMR	2,653	7,477	22,077	45,157	2,276	7,105	21,618	44,808
	BIL	2,509	4,513	5,839	6,467	2,207	4,447	5,839	6,446
	MIL	2,429	3,998	5,003	5,446	2,143	3,952	5,022	5,456
	CIOP	2,652	7,441	22,025	44,676	2,271	7,052	21,581	44,422
NEDE	IMR	10,593	10,243	25,439	50,933	6,341	8,967	24,239	50,053
	BIL	2,744	4,880	6,963	7,071	2,050	4,799	6,865	6,934
	MIL	2,617	4,349	5,576	5,705	2,055	4,246	5,432	5,476
	CIOP	7,906	9,646	24,946	50,556	6,207	8,765	24,325	49,917

Quadro C.10. Tempo médio de permanência em produtos acabados - adiamento médio-  
(dias)

Regras de A/R	Regras de O/R	Regras de <i>dispatching</i>							
		FCFS				EDD			
		k <sub>ГWК</sub>	4,6	12,9	38	77,7	4,6	12,9	38
AT	IMR	7,208	12,659	29,068	54,916	4,515	9,495	25,999	51,831
	BIL	7,237	11,797	26,541	51,903	4,749	9,509	25,467	51,462
	MIL	7,185	11,886	26,660	52,455	4,837	9,462	25,463	51,436
	CIOP	5,861	10,843	26,582	51,525	3,663	8,401	22,784	45,733
TAF	IMR	4,488	9,312	23,912	46,992	3,625	8,454	22,962	46,162
	BIL	4,240	6,154	10,019	14,747	3,527	6,021	10,027	14,756
	MIL	4,094	5,778	9,626	14,375	3,456	5,673	9,630	14,415
	CIOP	4,476	9,269	23,857	46,485	3,624	8,396	22,922	45,772
NEDE	IMR	14,532	14,680	30,135	55,631	9,068	11,633	26,606	52,462
	BIL	10,876	19,749	43,770	84,289	12,045	19,406	43,949	83,571
	MIL	12,598	21,870	45,401	84,095	13,375	22,449	45,586	84,586
	CIOP	11,269	13,166	28,383	54,140	8,947	11,302	26,793	52,221

Quadro C.11. Tempo médio de permanência no sistema (dias)

Regras de A/R	Regras de O/R	Regras de <i>dispatching</i>							
		FCFS				EDD			
		k <sub>ГWК</sub>	4,6	12,9	38	77,7	4,6	12,9	38
AT	IMR	86,6%	86,6%	86,6%	86,6%	87,1%	87,8%	87,8%	87,0%
	BIL	87,7%	87,9%	86,9%	86,5%	87,2%	88,0%	87,4%	87,7%
	MIL	87,1%	87,6%	87,1%	87,8%	87,2%	87,2%	86,9%	87,3%
	CIOP	84,6%	83,8%	83,7%	84,2%	76,4%	77,3%	76,9%	76,9%
TAF	IMR	74,0%	74,0%	74,0%	74,0%	73,0%	73,5%	73,3%	73,6%
	BIL	71,0%	42,9%	17,5%	9,8%	70,1%	42,6%	17,4%	9,6%
	MIL	69,1%	38,8%	16,2%	9,2%	68,2%	38,9%	16,2%	9,2%
	CIOP	73,8%	73,5%	74,0%	73,3%	73,1%	73,4%	73,5%	73,0%
NEDE	IMR	86,2%	87,5%	88,0%	87,4%	85,9%	87,3%	87,2%	87,8%
	BIL	85,4%	85,1%	81,8%	80,9%	83,1%	84,3%	81,5%	80,8%
	MIL	83,7%	83,5%	81,9%	81,0%	81,6%	83,5%	81,3%	81,3%
	CIOP	86,7%	87,4%	87,1%	87,1%	86,3%	87,2%	87,8%	87,7%

Quadro C.12. Percentagem média de utilização do equipamento

## **Apêndice D**

**Quadros com as restantes medidas de desempenho  
obtidas dos resultados finais da simulação**

Regras de A/R	Regras de O/R	Regras de <i>dispatching</i>							
		FCFS				EDD			
		$k_{TWK}$	4,6	12,9	38	77,7	4,6	12,9	38
AT	IMR	0,655	0,655	0,655	0,655	0,653	0,657	0,656	0,655
	BIL	0,656	0,656	0,656	0,656	0,656	0,657	0,656	0,655
	MIL	0,655	0,657	0,658	0,656	0,655	0,655	0,656	0,655
	CIOP	0,638	0,624	0,629	0,630	0,575	0,575	0,577	0,575
TAF	IMR	0,583	0,583	0,583	0,583	0,579	0,581	0,580	0,581
	BIL	0,568	0,416	0,249	0,183	0,565	0,416	0,249	0,183
	MIL	0,557	0,392	0,239	0,178	0,552	0,391	0,240	0,178
	CIOP	0,583	0,582	0,581	0,578	0,579	0,580	0,580	0,577
NEDE	IMR	0,689	0,671	0,663	0,658	0,698	0,677	0,664	0,659
	BIL	0,739	0,805	0,915	0,945	0,764	0,822	0,915	0,944
	MIL	0,754	0,830	0,921	0,950	0,776	0,848	0,929	0,951
	CIOP	0,674	0,665	0,661	0,657	0,699	0,678	0,663	0,659

Quadro D.1. Tempo médio de processamento (dias)

Regras de A/R	Regras de O/R	Regras de <i>dispatching</i>							
		FCFS				EDD			
		$k_{TWK}$	4,6	12,9	38	77,7	4,6	12,9	38
AT	IMR	3,926	3,926	3,926	3,926	2,039	1,737	1,720	1,696
	BIL	3,866	3,930	3,901	3,923	2,291	2,537	3,173	3,390
	MIL	4,025	4,436	4,371	4,143	2,417	2,669	3,382	3,592
	CIOP	2,288	1,836	2,078	2,114	0,952	0,947	0,930	0,895
TAF	IMR	1,249	1,249	1,249	1,249	0,771	0,762	0,765	0,767
	BIL	1,113	0,311	0,061	0,025	0,710	0,254	0,058	0,024
	MIL	1,007	0,254	0,054	0,023	0,654	0,212	0,052	0,023
	CIOP	1,250	1,237	1,225	1,168	0,770	0,763	0,764	0,754
NEDE	IMR	3,374	3,709	3,883	3,884	2,175	1,932	1,767	1,719
	BIL	2,854	2,856	2,666	2,607	1,844	2,265	2,599	2,537
	MIL	2,762	2,879	2,649	2,590	1,801	2,347	2,613	2,564
	CIOP	2,470	2,272	2,653	2,572	2,129	1,898	1,765	1,647

Quadro D.2. Tempo médio gasto em fila no *shop floor* (dias)

Regras de A/R	Regras de O/R	Regras de <i>dispatching</i>							
		FCFS				EDD			
		k <sub>rwk</sub>	4,6	12,9	38	77,7	4,6	12,9	38
AT	IMR	4,581	4,581	4,581	4,581	2,692	2,394	2,376	2,351
	BIL	4,631	7,180	21,236	46,466	3,057	5,794	20,523	45,823
	MIL	4,817	7,833	22,023	47,037	3,243	6,308	21,388	46,752
	CIOP	3,085	2,849	2,952	3,003	1,548	1,525	1,530	1,558
TAF	IMR	1,832	1,832	1,832	1,832	1,350	1,343	1,345	1,348
	BIL	1,733	1,639	4,181	8,293	1,327	1,582	4,183	8,302
	MIL	1,660	1,774	4,623	8,926	1,306	1,734	4,634	8,926
	CIOP	1,833	1,829	1,820	1,807	1,349	1,343	1,346	1,349
NEDE	IMR	4,063	4,380	4,546	4,542	2,873	2,609	2,431	2,378
	BIL	9,605	15,028	37,888	76,529	10,022	15,729	37,782	76,301
	MIL	10,622	17,516	39,396	78,665	10,756	17,660	39,571	78,532
	CIOP	3,350	3,495	3,658	3,584	2,838	2,584	2,431	2,336

Quadro D.3. Tempo médio de fluxo (tempo na *pre shop* + tempo no *shop floor*) (dias)

Regras de A/R	Regras de O/R	Regras de <i>dispatching</i>							
		FCFS				EDD			
		k <sub>rwk</sub>	4,6	12,9	38	77,7	4,6	12,9	38
AT	IMR	7,399	12,890	29,396	55,443	4,518	9,511	26,027	52,017
	BIL	7,159	11,636	26,883	52,489	4,777	9,467	25,708	51,559
	MIL	7,225	11,867	27,088	52,482	4,906	9,500	25,787	51,647
	CIOP	5,958	10,853	26,709	51,758	3,677	8,399	22,902	45,651
TAF	IMR	4,495	9,320	23,962	47,125	3,628	8,433	22,977	13,099
	BIL	4,255	6,151	10,023	14,728	3,537	6,053	10,024	14,741
	MIL	4,078	5,781	9,651	14,391	3,454	5,699	9,670	14,386
	CIOP	4,495	9,305	23,862	46,618	3,627	8,421	22,971	45,800
NEDE	IMR	15,552	14,678	29,915	55,533	9,936	11,418	26,718	52,405
	BIL	12,405	19,957	44,851	83,575	12,066	20,567	44,649	83,265
	MIL	13,270	21,891	45,015	84,331	12,749	21,928	45,041	84,044
	CIOP	11,650	13,068	28,793	54,297	9,817	11,338	26,657	52,354

Quadro D.4. Tempo médio de permanência no sistema (dias)

## Bibliografia

Adam N. e J. Surkis (1977), "A comparison of capacity planning techniques in a job shop control system", *Management Science*, vol. 23, n° 9, pp. 1011-1015.

Ahmed, I. e W. W. Fisher (1992), "Due date assignment, job order release and sequencing interaction in job shop scheduling", *Decision Sciences*, vol. 23, n° 3, pp. 633-647.

Albin, S. L. (1982), "On poisson approximations for superposition arrival processes in queues", *Management Science*, vol. 28, n° 2, pp. 126-137.

Arslan, H., H. Ayhan e T. L. Olsen (2001), "Analytic models for when and how to expedite in make-to-order systems", *IIE Transactions*, vol. 33, n° 11, pp. 1019-1029.

Ashton, J. e F. Cook Jr. (1989), "Time to reform job shop manufacturing", *Harvard Business Review*, vol. 67, n° 2, pp. 106-111

Baker, C. T. e B. P. Dzielinski (1960), "Simulation of a simplified job shop", *Management Science*, vol. 6, n° 3, pp. 311-323.

Baker, K. R. (1984a), "Sequencing rules and due-date assignments in a job shop", *Management Science*, vol. 30, n° 9, pp. 1093-1104.

- Baker, K. R. (1984b), "The effects of input control in a simple scheduling model", *Journal of Operations Management*, vol. 4, n° 2, pp. 99-112.
- Bechte, W. (1988), "Theory and practice of load-oriented manufacturing control", *International Journal of Production Research*, vol. 26, n° 3, pp. 375-395.
- Bechte, W. (1994), "Load-oriented manufacturing control just-in-time production for job shops", *Production Planning and Control*, vol. 5, n° 3, pp. 292-307.
- Bergamaschi, D., R. Cigolini, M. Perona e A. Portioli (1997), "Order review and release strategies in a job shop environment: a review and classification", *International Journal of Production Research*, vol. 35, n° 2, pp. 399-420.
- Bertrand, J. W. M. (1983a), "The effects of workload dependent due-date on job shop performance", *Management Science*, vol. 29, n° 7, pp. 799-816.
- Bertrand, J. W. M. (1983b), "The use of workload information to control job lateness in controlled and uncontrolled release production systems", *Journal of Operations Management*, vol. 3, n° 2, pp. 79-92.
- Bertrand, J. W. M. e A. M. van de Wakker (2002), "An investigation of order release and flow time allowance policies for assembly job shops", *Production Planning and Control*, vol. 13, n° 7, pp. 639-648.
- Bertrand, J. W. M. e H. P. G. van Ooijen (2002), "Workload based order release and productivity: a missing link", *Production Planning and Control*, vol. 13, n° 7, pp. 665-678.
- Bitran, G. R., E. A. Haas e A. C. Hax (1981), "Hierarchical production planning: a single stage system", *Operations Research*, vol. 29, n° 4, pp. 717-743.
- Bitran, G. R., E. A. Haas e A. C. Hax (1982), "Hierarchical production planning: a two-stage system", *Operations Research*, vol. 30, n° 2, pp. 232-251.
- Bitran, G. R. e A. C. Hax (1977), "On the design of hierarchical production planning systems", *Decision Sciences*, vol. 8, n° 1, pp. 28-55.

Blackstone Jr., J. H., D. T. Phillips e G. L. Hogg (1982), "A state-of-the-art survey of dispatching rules for manufacturing job shop operations", *International Journal of Production Research*, vol. 20, n° 1, pp. 27-45.

Bobrowski, P. B. e P. S. Park (1989), "Work release strategies in a dual resource constrained job shop", *Omega - The International Journal of Management Science*, vol. 17, n° 2, pp. 177-188.

Bowers, M. R. e J. P. Jarvis (1992), "A hierarchical production planning and scheduling model", *Decision Sciences*, vol. 23, n° 1, pp. 144-159.

Browne, J. e B. J. Davies (1984), "The phased release of batches into a job shop", *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 4, n° 4, pp. 16-27.

Bukchin, J., E. M. Dar-El e J. Rubinovitz (2002), "Mixed model assembly line design in a make-to-order environment", *Computers and Industrial Engineering*, vol. 41, n° 4, pp. 405-421.

Chakravorty, S. S. (2001), "An evaluation of the DBR control mechanism in a job shop environment", *Omega - The International Journal of Management Science*, vol. 29, n° 4, pp. 335-342.

Cigolini, R. e A. Portioli-Staudacher (2002), "An experimental investigation on workload limiting methods within ORR policies in a job shop environment", *Production Planning and Control*, vol. 13, n° 7, pp. 602-613.

Cigolini, R., M. Perona e A. Portioli (1998), "Comparison of order review and release techniques in a dynamic and uncertain job shop environment", *International Journal of Production Research*, vol. 36, n° 11, pp. 2931-2951.

Dicasali, R. L. (1986), "Job shops can use repetitive manufacturing methods to facilitate just-in-time production", *IIE Solutions*, vol.18, n° 6, pp. 48-52.

Ebben, M. J., E. W. Hans e F. M. Olde Weghuis (2005), "Workload based order acceptance in job shop environments", *OR Spectrum*, vol. 27, pp. 107-122.

- ElHafsi, M. (2000), "An operational decision model for lead-time and price quotation in congested manufacturing systems", *European Journal of Operational Research*, vol. 126, n° 2, pp. 355-370.
- Ellegård, K., T. Engström, B. Johansson, M. Johansson, D. Jonsson e L. Medbo (1992), "Reflective Production in the Final Assembly of Motor Vehicles - an Emerging Swedish Challenge", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 12, n° 7/8.
- Enns, S. T. (1995), "An economic approach to job shop performance analysis", *International Journal of Production Economics*, vol. 38, n° 2-3, pp. 117-131.
- Enns, T. S. (2000), "Evaluating shop floor input control using rapid modeling", *International Journal of Production Economics*, vol. 63, n° 3, pp. 229-241.
- Enns, S. T. e M. P. Costa (2002), "The effectiveness of input control based on aggregate versus bottleneck work loads", *Production Planning and Control*, vol. 13, n° 7, pp. 614-624.
- Ettkin, L. P., F. M. E. Raiszadeh e H. R. Hunt Jr. (1990), "Just-in-time: a timely opportunity for small manufacturers", *Industrial Management*, vol. 32, n° 1, pp.16-18.
- Fawcett, S. E. e J. N. Pearson (1990), "Requirements and benefits of implementing just-in-time manufacturing for small-firm manufacturers", *Journal of Small Business Strategy*, vol. 1, n° 2, pp. 10-26.
- Finch, B. (1986), "Japanese management techniques in small manufacturing companies: a strategy for implementation", *Production and Inventory Management Journal*, vol. 27, n° 3, pp. 30-38.
- Finch, B. J. e J. F. Cox (1986), "An examination of just-in-time management for the small manufacturer: with an illustration", *International Journal of Production Research*, vol. 24, n° 2, pp.329-342.
- Fowler, J. W., G. L. Hogg e S. J. Mason (2002), "Workload control in the semiconductor industry", *Production Planning and Control*, vol. 13, n° 7, pp. 568-578.

Fredendall, L. D. e S. A. Melnyk (1995), "Assessing the impact of reducing demand variance through improved planning on the performance of a dual resource constrained job shop", *International Journal of Production Research*, vol. 33, nº 6, pp. 1521-1534.

Fredendall, L. D., S. A. Melnyk e G. Ragatz (1996), "Information and scheduling in a dual resource constrained job shop", *International Journal of Production Research*, vol. 34, nº 10, pp. 2783-2802.

Freire, A. (1995), *Gestão Empresarial Japonesa - Lições para Portugal*, Editorial Verbo.

Fry, T. D. e A. E. Smith (1987), "A procedure for implementing input/output control: a case study", *Production and Inventory Management Journal*, vol. 28, nº 4, pp. 50-52.

Fullerton, R. R. e C. S. McWatters (2001), "The production performance benefits from JIT implementation", *Journal of Operations Management*, vol. 19, nº 1, pp. 81-96.

Gaalman, G. and M. Perona (2002), "Workload control in job shops: an introduction to the special issue", *Production Planning and Control*, vol. 13, nº 7, pp. 565-567

Gargeya, V. B. e J. P. Thompson (1994), "Just-in-time production in small job shops", *Industrial Management*, July/August, vol. 36, nº 4, pp. 23-26.

Gargeya, V. B. e R. H. Deane (1999), "Scheduling in the dynamic job shop under auxiliary resource constraints: a simulation study", *International Journal of Production Research*, vol. 37, nº 12, pp. 2817-2834.

Gelders, L. F. e L. N. van Wassenhove (1982), "Hierarchical integration in production planning: theory and practice", *Journal of Operations Management*, vol. 3, nº 1, pp. 27-35.

Golhar, D. Y., C. L. Stamm e W. P. Smith (1990), "JIT implementation in small manufacturing firms", *Production and Inventory Management Journal*, vol. 31, nº 2, pp. 44-48.

- Gravel, M. e W. L. Price (1988), "Using the kanban in a job shop environment", *International Journal of Production Research*, vol. 26, n° 6, pp.1105-1118.
- Groenevelt, H. (1993), "The just-in-time system", in *Logistics of Production and Inventory*, S. C. Graves et al. (Eds.), Handbooks in Operations Research and Management Science, vol.4, North-Holland.
- Gronalt, M. (2002), "Work order release and input sequencing for a printed circuit board assembly cell", *Production Planning and Control*, vol. 13, n° 7, pp. 591-601.
- Gunasekaran, A., L. Forker e B. Kobu (2000), "Improving operations performance in a small company: a case study", *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 20, n° 3, pp. 316-335.
- Gunasekaran, A., S. K. Goyal, T. Martikainen e P. Yli-Olli (1993), "Modelling and analysis of just-in-time manufacturing systems", *International Journal of Production Economics*, vol. 32, n° 1, pp. 23-37.
- Gupta, S. M. e L. Brennan (1995), "Implementation of just-in-time methodology in a small company", *Production Planning and Control*, vol. 6, n° 4, pp. 358-364.
- Handfield, R. (1993), "Distinguishing features of just-in-time systems in the make-to-order/assemble-to-order environment", *Decision Sciences*, vol. 24, n° 3, pp. 581-602.
- Hao, Q., B. H. Soong, D. Wang e Z. Yang (1998), "Earliness/tardiness production planning by JIT philosophy for job-lot manufacturing systems", *Production Planning and Control*, vol. 9, n° 2, pp. 181-188.
- Haskose, A., B. G. Kingsman e D. Worthington (2002), "Modelling flow and jobbing shops as a queueing network for workload control", *International Journal of Production Economics*, vol. 78, n° 3, pp. 271-285.
- Haskose, A., B. G. Kingsman e D. Worthington (2004), "Performance analysis of make-to-order manufacturing systems under different workload control regimes", *International Journal of Production Economics*, vol. 90, n° 2, pp. 169-186.

Hax, A. C. e H. C. Meal (1975), “Hierarchical integration of production planning and scheduling”, in *Logistics: Studies in the Management Sciences*, vol. 1, North Holland, New York, pp. 53-69.

Hay, E. J. (1988), *Just-in-time: Implementação de Novas Estratégias de Fabrico*, Monitor Editora.

He, Q.-M., E. M. Jewkes e J. Buzacott (2002), “Optimal and near-optimal inventory control policies for a make-to-order inventory-production system”, *European Journal of Operational Research*, vol. 141, nº 1, pp. 113-132.

Hendry, L. C. e B. G. Kingsman (1989), “Production planning systems and their applicability to make-to-order companies”, *European Journal of Operational Research*, vol. 40, nº 1, pp. 1-15..

Hendry, L. C. e B. G. Kingsman (1991a), “A decision support system for job release in make-to-order companies”, *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 11, nº 6, pp. 6-16.

Hendry, L. C. e B. G. Kingsman (1991b), “Job release: part of a hierarchical system to manage manufacturing lead times in make-to-order companies”, *Journal of the Operational Research Society*, vol. 42, nº 10, pp. 871-883.

Hendry, L. C., B. G. Kingsman e P. Cheung (1998), “The effect of workload control (WLC) on performance in make-to-order companies”, *Journal of Operations Management*, vol. 16, nº 1, pp. 63-75.

Hendry, L. C. e S. K. Wong (1994), “Alternative order release mechanisms: a comparison by simulation”, *International Journal of Production Research*, vol. 32, nº 12, pp. 2827-2842.

Henrich, P., M. Land e G. Gaalman (2004), “Exploring applicability of workload control concept”, *International Journal of Production Economics*, vol. 90, nº 2, pp. 187-198.

- Herrmann, J. W. (2000), "Order Release" in *Encyclopedia of Production and Manufacturing Management*, P. M. Swamidass (Editor), Kluwer Academic Publishers, London.
- Hobbs, O. K. Jr. (1994), "Application of JIT techniques in a discrete batch job shop", *Production and Inventory Management Journal*, First Quarter, vol. 35, n° 1, pp. 43-47.
- Holstein, W. K. (1968), "Production planning and control integrated", *Harvard Business Review*, vol. 46, n° 3, pp. 121-140.
- Huq, Z. (1999), "Conventional shop control procedures to approximate JIT inventory performance in a job shop", *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 18, n° 3, pp. 161-174.
- Huq, Z. e F. Huq (1994), "Embedding JIT in MRP: the case of job shops", *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 13, n° 3, pp. 153-164.
- Inman, R. A. e S. Mehra (1990), "The transferability of just-in-time concepts to american small businesses", *Interfaces*, vol. 20, n° 2, pp. 30-37.
- Irastorza, J. C. e R. H. Deane (1974), "A loading and balancing methodology for job shop control", *AIIE Transactions*, vol. 6, n° 4, pp. 302-307.
- Jina, J., A. K. Bhattacharya e A. D. Walton (1997), "Applying lean principles for high product variety and low volumes: some issues and propositions", *Logistics Information Management*, vol. 10, n° 1, pp. 5-13.
- Kanet, J. J. (1988), "Load-limited order release in job shop scheduling systems", *Journal of Operations Management*, vol. 7, n° 3, pp. 44-58.
- Karlsson, C. e P. Åhlström (1996), "Assessing changes towards lean production", *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 16, n° 2, pp. 24-41.
- Karmarkar, U. S., S. Kekre e S. Kekre (1985), "Lotsizing in multi-item multi-machine job shops", *IIE Transactions*, vol. 17, n° 3, pp. 290-298.

Kingsman, B. G. (2000), "Modelling input-output workload control for dynamic capacity planning in production planning systems", *International Journal of Production Economics*, vol. 68, nº 1, pp. 73-93.

Kingsman, B. G., I. P. Tatsiopoulos e L. C. Hendry (1989), "A structural methodology for managing manufacturing lead times in make-to-order companies", *European Journal of Operational Research*, vol. 40, nº 2, pp. 196-209.

Kingsman, B. G. e L. C. Hendry (2002), "The relative contributions of input and output controls in the performance of a workload control system in make-to-order companies", *Production Planning and Control*, vol. 13, nº 7, pp. 579-590.

Kira, D., M. Kusy e I. Rakita (1997), "A stochastic linear programming approach to hierarquical production planning", *Journal of the Operational Research Society*, vol. 48, nº 2, pp. 207-211.

Klein, J. A. (1989), "The Human Cost of Manufacturing Reform", *Harvard Business Review*, March/April, pp.60-66.

Land, M. and G. Gaalman (1996), "Workload control concepts in job shops: a critical assessment", *International Journal of Production Economics*, vol. 46-47, pp. 535-548.

Land, M. J. e G. J. C. Gaalman (1998), "The performance of workload control concepts in job shops: improving the release method", *International Journal of Production Economics*, vol. 56-57, pp. 347-364.

Lasserre, J. B. (1992), "An integrated model for job-shop planning and scheduling", *Management Science*, vol. 38, nº 8, pp. 1201-1211.

Law, A. M. e W. D. Kelton (2000), *Simulation Modelling and Analysis*, McGraw-Hill, 3ª edição, New York.

Lawrence, S. R. (1991), "Scheduling a single machine to maximize net present value", *International Journal Production Research*, vol. 29, nº 6, pp. 1141-1160.

- Lee, C. Y. (1996), "The applicability of just-in-time manufacturing to small manufacturing firms: an analysis", *International Journal of Management*, vol. 13, n° 2, pp. 249-258.
- Lee, C. Y., C. S. Lin, R. Uzsoy e C. C. Wong (1994), "Implementation of a demand-pull system in a job shop environment", *International Journal of Production Research*, vol. 32, n° 12, pp. 2915-2927.
- Lee, S. M. e A. Ansari (1985), "Comparative Analysis of Japanese Just-in-time Purchasing and Traditional U. S. Purchasing Systems", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 5, n° 4, pp. 5-14.
- Lee, S. M. e M. Ebrahimpour (1984), "Just-in-time production system: some requirements for implementation", *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 4, n° 4, pp. 3-15.
- Li, Jing-Wen (2003), "Simulation-based comparison of push and pull system in a job-shop environment considering the context of JIT implementation", *International Journal of Production Research*, vol. 41, n° 3, pp. 427-447.
- Li, Jing-Wen e D. J. Barnes (2000), "Investigating the factors influencing the shop performance in a job shop environment with kanban-based production control", *International Journal of Production Research*, vol. 38, n° 18, pp. 4683-4699.
- Liberatore, M. J. e T. Miller (1985), "A hierarchical production planning system", *Interfaces*, vol. 15, n° 4, pp. 1-11
- Lingayat, S., J. Mittenthal e R. M. O'Keefe (1995), "An order release mechanism for a flexible flow system", *International Journal of Production Research*, vol. 33, n° 5, pp. 1241-1256.
- Lingayat, S., R. M. O'Keefe e J. Mittenthal (1991), "Order release mechanisms: a step towards implementing just-in-time manufacturing", *Just-in-Time Manufacturing Systems: Operational Planning and Control Issues*, New York. Elsevier, pp 149-163.

- Manoochehri, G. H. (1988), "JIT for small manufacturers", *Journal of Small Business Management*, vol. 26, n° 4, pp. 22-30.
- Maruchek, A. S. e M. K. McClelland (1986), "Strategic issues in make-to-order manufacturing", *Production and Inventory Management*, vol. 27, n° 4, pp. 82-95.
- McKay, K. N., F. R. Safayeni, and J. A. Buzacott (1995), "A review of hierarchical production planning and its applicability for modern manufacturing", *Production Planning and Control*, vol. 6, n° 5, pp. 384-394.
- Meal, H. C. (1984), "Putting production decisions where they belong", *Harvard Business Review*, vol. 62, n° 2, pp. 102-111.
- Medhi, J. (1991), *Stochastic models in queueing theory*, Academic Press Inc., San Diego.
- Mehra, S. e R. A. Inman (1992), "Determining the critical elements of just-in-time implementation", *Decision Sciences*, vol. 23, n° 1, pp 160-174.
- Melnyk, S. A., D. R. Denzler, G. L. Magnan e L. Fredendall (1994a), "An experimental model for investigating the sensitivity of job shop performance to job release time distribution parameters", *Production and Operations Management*, vol. 3, n° 1, pp. 67-74.
- Melnyk, S. A. e G. L. Ragatz (1988), "Order review/release and its impact on the shop floor", *Production and Inventory Management*, vol. 29, n° 2, pp. 13-17.
- Melnyk, S. A. e G. L. Ragatz (1989), "Order review/release: research issues and perspectives", *International Journal of Production Research*, vol. 27, n° 7, pp. 1081-1096.
- Melnyk, S. A., G. L. Ragatz e L. Fredendall (1991), "Load smoothing by the planning and order review/release systems: a simulation experiment", *Journal of Operations Management*, vol. 10, n° 4, pp. 512-523.

- Melnyk, S. A., K. C. Tan, D. R. Denzler e L. Fredendall (1994b), "Evaluating variance control, order review/release and dispatching: a regression analysis", *International Journal of Production Research*, vol. 32, nº 5, pp. 1045-1061.
- Melnyk, S.A., P. L. Carter, D. M. Dilts e D. M. Lyth (1985), *Shop Floor Control*, American Production and Inventory Control Society, Dow Jones-Irwin, Homewood, Illinois.
- Melnyk, S. A., S. K. Vickery e P. L. Carter (1986), "Scheduling, sequencing and dispatching: alternative perspectives", *Production and Inventory Management Journal*, vol. 27, nº 2, pp. 58-67.
- Meybodi M. Z. (1995), "Integrating production activity control in a hierarchical production-planning model", *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 15, nº 5, pp. 4-25.
- Miller, T. e M. J. Liberatore (1993), "Evaluating strategic capacity decisions: the use of a hierarchical production-planning system", *Industrial Management and Data Systems*, vol. 93, nº 9, pp.29-34.
- Miltenburg, J. e J. Wijngaard (1991), "Designing and phasing in just-in-time production systems", *International Journal of Production Research*, vol. 29, nº 1, pp.115-131.
- Moore, J. M. e R. C. Wilson (1967), "A review of simulation research in job shop scheduling", *Production and Inventory Management*, vol. 8, nº 1, pp. 1-10.
- Moreira, M. R. (1997), *O sistema just-in-time: sua utilização na indústria portuguesa*, Tese de Mestrado, Faculdade de Economia da Universidade do Porto.
- Moreira, M. R. e R. Alves (1998), "Just-in-time practices in Portugal", *EurOMA 98 Conference Proceedings*, Dublin, 14 a 17 de Junho de 1998, pp. 322-326.
- Nandi, A. (2000), *Input Control Strategies for Make-to-order Manufacturing Systems via Order Acceptance/rejection*, PhD Dissertation, Faculty of Graduate Studies, University of Calgary, Calgary, Alberta.

Newman, W. R. e M. J. Maffei (1999), "Managing the job shop: simulating the effects of flexibility, order release mechanisms and sequencing rules", *Integrated Manufacturing Systems*, vol. 10, nº 5, pp. 266-275.

Nicholson, T. A. J. e R. D. Pullen (1971), "A practical control system for optimizing production schedules", *International Journal of Production Research*, vol. 9, nº 2, pp. 219-227.

O'Grady, P. J. e M. A. Azoza (1987), "An adaptive approach to shop loading", *Omega - The International Journal of Management Science*, vol. 15, nº 2, pp. 121-128.

Onur, L. e W. J. Fabrycky (1987), "An input/output control system for the dynamic job shop", *IIE Transactions*, vol. 19, nº 1, pp. 88-97.

Oosterman, B., M. Land e G. Gaalman (2000), "The influence of shop characteristics on workload control", *International Journal of Production Economics*, vol. 68, nº 1, pp. 107-119.

Panwalker, S. S. e W. Iskander (1977), "A survey of scheduling rules", *Operations Research*, vol. 25, nº 1, pp. 45-61.

Pegels, C. C. (1984), "The Toyota production system - lessons for American management", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 4, nº 1, pp. 3-11.

Pereira, A. A. F. (1998), "A utilização da simulação em produção e operações", *Cadernos de económicas*, Documento de trabalho, nº 4, Departamento de Gestão do Instituto Superior de Economia e Gestão, Lisboa.

Philipoom, P. R., M. K. Malhotra e J. B. Jensen (1993), "An evaluation of capacity sensitive order review and release procedures in job shops", *Decision Sciences*, vol. 24, nº 6, pp. 1109-1133.

Philipoom, P. R. e T. D. Fry (1992), "Capacity-based order review/release strategies to improve manufacturing performance", *International Journal of Production Research*, vol. 30, nº 11, pp. 2559-2572.

- Philipoom, P. R. e T. D. Fry (1999), "Order review/release in the absence of adherence to formal scheduling policies", *Journal of Operations Management*, vol. 17, n° 3, pp. 327-342.
- Pidd, M. (1992), *Computer Simulation in Management Science*, John Wiley & Sons Ltd., England.
- Plossl, G. W. e O. W. Wight (1973), "Capacity planning and control", *Production and Inventory Management Journal*, vol. 14, n° 3, pp. 31-67.
- Qiu, M. M. e E. E. Burch (1997), "Hierarchical production planning and scheduling in a multi-product, multi-machine environment", *International Journal of Production Research*, vol. 35, n° 11, pp. 3023-3042.
- Qiu, M. M., L. D. Fredendall e Z. Zhu (2001), "Application of hierarchical production planning in a multiproduct, multimachine environment", *International Journal of Production Research*, vol. 39, n° 13, pp. 2803-2816.
- Rabelo, L. C. e A. Jones (2001), "Job Shop Scheduling" in *Encyclopedia of Production and Manufacturing Management*, S. I. Gass e C. M. Harris (Editors), Kluwer Academic Publishers, London.
- Ragatz, G. L. e V. A. Mabert (1984), "A simulation analysis of due date assignment rules", *Journal of Operations Management*, vol. 5, n° 1, pp. 27-39.
- Ragatz, G. L. e V. A. Mabert (1988), "An evaluation of order release mechanisms in a job-shop environment", *Decision Sciences*, vol. 19, n° 1, pp. 167-189.
- Raman, N. (1995), "Input control in job shops", *IIE Transactions*, vol. 27, n° 2, pp. 201-209.
- Ramarapu, N. K., S. Mehra e M. N. Frolick (1995), "A comparative analysis and review of JIT implementation research", *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 15, n° 1, pp. 38-49.

Rantakyro, L. (2000), "Strategic management in small metal job shops in Sweden and the U. S. ", *Engineering Management Journal*, vol. 12, n° 2, pp. 15-21.

Rashdi, P. R. S. (1996), *The Manufacturing Planning and Control of Make-to-Order Companies*, PhD Dissertation, Department of Manufacturing Engineering and Operations Management, University of Nottingham.

Riezebos, J., G. J. Korte e M. J. Land (2003), "Improving a practical DBR buffering approach using workload control", *International Journal of Production Research*, vol. 41, n° 4, pp. 699-712.

Roderick, L. M., D. T. Phillips e G. L. Hogg (1992), "A comparison of order release strategies in production control systems", *International Journal of Production Research*, vol. 30, n° 3, pp. 611-626.

Russell, G. R. e T. D. Fry (1997), "Order review/release and lot splitting in drum-buffer-ropes", *International Journal of Production Research*, vol. 35, n° 3, pp. 827-845.

Saad, G. H. (1990), "Hierarchical production-planning systems: extensions and modifications", *Journal of the Operational Research Society*, vol. 41, n° 7, pp. 609-624.

Sabuncuoglu, I. e H. Y. Karapinar (1999), "Analysis of order review/release problems in production systems", *International Journal of Production Economics*, vol. 62, n° 3, pp. 259-279.

Sabuncuoglu, I. e H. Y. Karapinar (2000), "A load-based and due-date-oriented approach to order review/release in job shops", *Decision Sciences*, vol. 31, n° 2, pp. 413-447.

Schonberger, R. J. (1982a), *Japanese Manufacturing Techniques: Nine Hidden Lessons in Simplicity*, Free Press, New York.

Schonberger, R. J. (1982b), "Some observations on the advantages and implementation issues of just-in-time production systems", *Journal of Operations Management*, vol. 3, n° 1, pp.1-11.

- Scudder, G. D. e T. R. Hoffmann (1989), "The use of value-based priorities when early shipments are forbidden", *International Journal Production Research*, vol. 27, n° 2, pp. 353-369.
- Scudder, G. D., T. R. Hoffmann e T. R. Rohleder (1993), "Scheduling with forbidden early shipments: alternative performance criteria and conditions", *International Journal Production Research*, vol. 31, n° 10, pp. 2287-2305.
- Shimoyashiro, S., K. Isoda e H. Awane (1984), "Input scheduling and load balance control for a job shop", *International Journal Production Research*, vol. 22, n° 4, pp. 597-605.
- Singh, N. e J. K. Brar (1992), "Modelling and analysis of just-in-time manufacturing systems: a review", *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 12, n° 2, pp. 3-14.
- Sinnamon, G. e S. Milner (1995), "Just-in-time schedules for the small make-to-order shop", *Canadian Journal of Administrative Sciences*, vol. 12, n° 4, December, pp.340-351.
- Sohal, A. S. e D. Naylor (1992), "Implementation of JIT in a small manufacturing firm", *Production and Inventory Management Journal*, First Quarter, vol. 33, n° 1, pp. 20-26.
- Sonfield, M. C. (1984), "Can Japanese management techniques be applied to American small business?", *Journal of Small Business Management*, vol. 22, n° 3, pp. 18-23.
- Spearman, M. L. e M. A. Zazanis (1992), "Push and pull production systems: issues and comparisons", *Operations Research*, vol. 40, n° 3, pp. 521-532.
- Spearman, M. L., D. L. Woodruff e W. J. Hopp (1990), "CONWIP: a pull alternative to kanban", *International Journal of Production Research*, vol. 28, n° 5, pp. 879-894.
- Spencer, M. S. e V. D. Guide (1995), "An exploration of the components of JIT - case study and survey results", *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 15, n° 5, pp. 72-83.

Stockton, D. J. e R. J. Lindley (1995), "Implementing kanbans within high variety/low volume manufacturing environments", *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 15, nº 7, pp. 47-59.

Sumichrast, R. T. e E. E. Burch (1985), "Understanding hierarchical production planning and scheduling models", *Industrial Management*, vol. 27, nº 3, pp. 6-11.

Svensson, G. (2001), "Just-in-time: the reincarnation of past theory and practice", *Management Decision*, vol. 39, nº 10, pp. 866-879.

Tagawa, S. (1996), "A new concept of job shop scheduling system - hierarchical decision model", *International Journal of Production Economics*, vol. 44, nº 1-2, pp. 17-26.

Tatsiopoulos, I. P. (1988), "Some aspects of the input/output methods for managing work-in-process inventories", *Engineering Costs and Production Economics*, vol. 15, pp. 235-239.

Tavares, L. V., R. C. Oliveira, I. H. Themido e F. N. Correia (1996), *Investigação Operacional*, McGraw-Hill, Portugal.

Thomas, R. e N. Oliver (1991), "Components Supplier Patterns in the U.K. Motor Industry", *Omega - International Journal of Management Science*, Vol.19, nº6, pp.609-616.

Tsai, C. -H., G.-T. Chang e R.-K, Li (1997), "Integrating order release control with due-date assignment rules", *International Journal of Production Research*, vol. 35, nº 12, pp. 3379-3392.

Tsubone, H., H. Matsuura e T. Tsutsu (1991), "Hierarchical production planning system for a two-stage process", *International Journal of Production Research*, vol. 29, nº 4, pp. 769-785.

Tucker, M. W. e D. A. Davis (1993), "Key ingredients for successful implementation of just-in-time: a system for all business sizes", *Business Horizons*, vol. 36, nº 3, pp.59-65.

Van Donselaar, K. H. e B. J. Gubbels (2002), “How to release orders in order to minimise system inventory and system nervousness?”, *International Journal of Production Economics*, vol. 78, nº 3, pp. 335-343.

Vicens, E., M. E. Alemany, C. Andrés e J. J. Guarch (2001), “A design and application methodology for hierarchical production planning decision support system in an enterprise integration context”, *International Journal of Production Economics*, vol. 74, nº 1-3, pp. 5-20.

Vollmann, T. E., W. L. Berry e D. C. Whybark (1997), *Manufacturing Planning & Control Systems*, McGraw-Hill, 4ª edição.

Voss, C. A. e S. J. Robinson (1987), “Application of Just-in-time Manufacturing Techniques in the UK”, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 7, nº 4, pp. 46-52.

Wester, F. A. W., J. Wijngaard e W. H. M. Zijm (1992), “Order acceptance strategies in a production-to-order environment with setup times and due-dates”, *International Journal Production Research*, vol. 30, nº 6, pp. 1313-1326.

Wight, O. (1970), “Input/output control: a real handle on lead time”, *Production and Inventory Management*, vol. 11, nº 3, pp. 9-30.

Wiendahl, H.-P. e J.-W. Breithaupt (1999), “Modelling and controlling the dynamics of production systems”, *Production Planning and Control*, vol. 10, nº 4, pp. 389-401.

Williams, J. (1985), “Just-in-time ideally suited to smaller manufacturing operations”, *The CPA Journal*, vol. 55, nº 3, pp. 81-83.

Wilson, J. M. (1995), “Henry Ford’s just-in-time system”, *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 15, nº 12, pp. 59-75.

Wisner, J. D. (1995), “A review of the order release policy research”, *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 15, nº 6, pp. 25-40.

Wouters, M. J. (1997), "Relevant cost information for order acceptance decisions", *Production Planning and Control*, vol. 8, n° 1, pp. 2-9.

Yucesan, E. e X. Groote (2000), "Lead times, order release mechanisms, and customer service", *European Journal of Operational Research*, vol. 120, n° 1, pp. 118-130.

Zäpfel, G. e H. Missbauer (1993a), "New concepts for production planning and control", *European Journal of Operational Research*, vol. 67, n° 3, pp. 297-320.

Zäpfel, G. e H. Missbauer (1993b), "Production planning and control (PPC) systems including load-oriented order release - problems and research perspectives", *International Journal of Production Economics*, vol. 30-31, pp. 107-122.

Zipkin, P. H. (1991), "Does Manufacturing Need a Just-in-time Revolution?", *Harvard Business Review*, January/February, pp. 40-50.

## **Anexo**

**Síntese dos principais resultados dos 24 modelos de  
simulação (combinações de regras de decisão)**

**- valores médios e das 10 réplicas**

AT-IMR-FCFS $k_{TWK} = 4,6$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,865	0,873	0,872	0,870	0,885	0,882	0,876	0,875	0,873	0,879	0,875
Maq2. Utilization	0,865	0,869	0,870	0,866	0,882	0,877	0,877	0,876	0,868	0,875	0,873
Maq3. Utilization	0,866	0,873	0,866	0,868	0,883	0,874	0,878	0,877	0,870	0,880	0,873
Maq4. Utilization	0,868	0,871	0,868	0,860	0,885	0,879	0,873	0,872	0,862	0,886	0,872
Maq5. Utilization	0,870	0,874	0,863	0,871	0,887	0,880	0,876	0,876	0,868	0,877	0,874
Maq6. Utilization	0,864	0,872	0,873	0,874	0,882	0,880	0,880	0,873	0,872	0,882	0,875
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	15074	14438	14902	14855	13633	14221	14359	14361	14671	13943	14446
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	44539	46561	44352	45058	49901	47363	46904	46995	44656	48287	46462
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	30040	29217	30667	29831	27015	28364	28612	28884	30356	27774	29076
Número de ordens rejeitadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de ordens chegadas	89693	90249	89938	89773	90563	89982	89896	90288	89704	90052	90014
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	3,667	3,882	3,563	3,550	4,068	3,987	3,661	3,875	3,555	4,075	3,788
Desvio absoluto médio (MAD)	2,765	2,908	2,710	2,725	3,084	2,995	2,809	2,922	2,721	3,056	2,870
Percentagem de atrasos	0,497	0,516	0,493	0,502	0,551	0,527	0,522	0,521	0,498	0,536	0,516
Percentagem de ordens rejeitadas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
(2) Tempo médio de processamento	0,652	0,652	0,652	0,653	0,659	0,659	0,658	0,654	0,654	0,660	0,655
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	3,741	3,966	3,670	3,704	4,291	4,099	3,900	3,988	3,690	4,208	3,926
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	4,394	4,618	4,322	4,357	4,951	4,758	4,559	4,642	4,344	4,868	4,581
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	4,394	4,618	4,322	4,357	4,951	4,758	4,559	4,642	4,344	4,868	4,581
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	2,815	2,793	2,793	2,837	2,824	2,840	2,822	2,824	2,808	2,820	2,818
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	7,209	7,411	7,115	7,194	7,774	7,598	7,381	7,466	7,152	7,688	7,399
Percentagem média de utilização	0,866	0,872	0,868	0,868	0,884	0,879	0,877	0,875	0,869	0,880	0,874
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 1. Combinação de factores AT-IMR-FCFS e  $k_{TWK} = 4,6$

AT-IMR-FCFS $k_{\text{TWK}} = 12,9$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,865	0,873	0,872	0,870	0,885	0,882	0,876	0,875	0,873	0,879	0,875
Maq2. Utilization	0,865	0,869	0,870	0,866	0,882	0,877	0,877	0,876	0,868	0,875	0,873
Maq3. Utilization	0,866	0,873	0,866	0,868	0,883	0,874	0,878	0,877	0,870	0,880	0,873
Maq4. Utilization	0,868	0,871	0,868	0,860	0,885	0,879	0,873	0,872	0,862	0,886	0,872
Maq5. Utilization	0,870	0,874	0,863	0,871	0,887	0,880	0,876	0,876	0,868	0,877	0,874
Maq6. Utilization	0,864	0,872	0,873	0,874	0,882	0,880	0,880	0,873	0,872	0,882	0,875
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	8721	8616	8547	8661	8450	8541	8602	8577	8600	8449	8576
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	22448	24164	22140	22621	26221	24652	23675	24264	22421	25183	23779
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	58484	57436	59234	58466	55878	56755	57598	57399	58662	56372	57628
Número de ordens rejeitadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de ordens chegadas	89693	90249	89938	89773	90563	89982	89896	90288	89704	90052	90014
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	3,526	3,674	3,384	3,381	3,833	3,820	3,456	3,683	3,379	3,897	3,603
Desvio absoluto médio (MAD)	6,275	6,258	6,250	6,263	6,264	6,336	6,249	6,273	6,274	6,317	6,276
Percentagem de atrasos	0,250	0,268	0,246	0,252	0,290	0,274	0,263	0,269	0,250	0,280	0,264
Percentagem de ordens rejeitadas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
(2) Tempo médio de processamento	0,652	0,652	0,652	0,653	0,659	0,659	0,658	0,654	0,654	0,660	0,655
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	3,741	3,966	3,670	3,704	4,291	4,099	3,900	3,988	3,690	4,208	3,926
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	4,394	4,618	4,322	4,357	4,951	4,758	4,559	4,642	4,344	4,868	4,581
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	4,394	4,618	4,322	4,357	4,951	4,758	4,559	4,642	4,344	4,868	4,581
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	8,266	8,284	8,223	8,305	8,353	8,382	8,330	8,306	8,300	8,345	8,309
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	12,660	12,902	12,545	12,662	13,303	13,140	12,888	12,948	12,644	13,213	12,891
Percentagem média de utilização	0,866	0,872	0,868	0,868	0,884	0,879	0,877	0,875	0,869	0,880	0,874
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 2. Combinação de factores AT-IMR-FCFS e  $k_{\text{TWK}} = 12,9$

AT-IMR-FCFS $k_{TWK} = 38$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,865	0,873	0,872	0,870	0,885	0,882	0,876	0,875	0,873	0,879	0,875
Maq2. Utilization	0,865	0,869	0,870	0,866	0,882	0,877	0,877	0,876	0,868	0,875	0,873
Maq3. Utilization	0,866	0,873	0,866	0,868	0,883	0,874	0,878	0,877	0,870	0,880	0,873
Maq4. Utilization	0,868	0,871	0,868	0,860	0,885	0,879	0,873	0,872	0,862	0,886	0,872
Maq5. Utilization	0,870	0,874	0,863	0,871	0,887	0,880	0,876	0,876	0,868	0,877	0,874
Maq6. Utilization	0,864	0,872	0,873	0,874	0,882	0,880	0,880	0,873	0,872	0,882	0,875
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	3633	3668	3543	3683	3724	3654	3622	3670	3589	3689	3648
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	8944	9714	8759	8974	10634	9848	9400	9791	8860	10295	9522
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	77076	76834	77619	77087	76191	76446	76853	76779	77234	76020	76814
Número de ordens rejeitadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de ordens chegadas	89693	90249	89938	89773	90563	89982	89896	90288	89704	90052	90014
<b>Métricas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	3,425	3,594	3,314	3,289	3,746	3,790	3,383	3,597	3,287	3,757	3,518
Desvio absoluto médio (MAD)	21,56	21,43	21,58	21,60	21,46	21,61	21,65	21,49	21,64	21,55	21,56
Porcentagem de atrasos	0,100	0,108	0,097	0,100	0,117	0,109	0,105	0,108	0,099	0,114	0,106
Porcentagem de ordens rejeitadas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Métricas de desempenho relacionadas com a carga na <i>shop</i></b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
(2) Tempo médio de processamento	0,652	0,652	0,652	0,653	0,659	0,659	0,658	0,654	0,654	0,660	0,655
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	3,741	3,966	3,670	3,704	4,291	4,099	3,900	3,988	3,690	4,208	3,926
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	4,394	4,618	4,322	4,357	4,951	4,758	4,559	4,642	4,344	4,868	4,581
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	4,394	4,618	4,322	4,357	4,951	4,758	4,559	4,642	4,344	4,868	4,581
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	24,675	24,706	24,631	24,760	24,983	24,942	24,904	24,794	24,750	25,002	24,815
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	29,069	29,324	28,953	29,117	29,934	29,700	29,463	29,436	29,094	29,870	29,396
Porcentagem média de utilização	0,866	0,872	0,868	0,868	0,884	0,879	0,877	0,875	0,869	0,880	0,874
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 3. Combinação de factores AT-IMR-FCFS e  $k_{TWK} = 38$

AT-IMR-FCFS $k_{TWK} = 77,7$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,865	0,873	0,872	0,870	0,885	0,882	0,876	0,875	0,873	0,879	0,875
Maq2. Utilization	0,865	0,869	0,870	0,866	0,882	0,877	0,877	0,876	0,868	0,875	0,873
Maq3. Utilization	0,866	0,873	0,866	0,868	0,883	0,874	0,878	0,877	0,870	0,880	0,873
Maq4. Utilization	0,868	0,871	0,868	0,860	0,885	0,879	0,873	0,872	0,862	0,886	0,872
Maq5. Utilization	0,870	0,874	0,863	0,871	0,887	0,880	0,876	0,876	0,868	0,877	0,874
Maq6. Utilization	0,864	0,872	0,873	0,874	0,882	0,880	0,880	0,873	0,872	0,882	0,875
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	1881	1953	1935	1959	1999	1903	1864	1928	1863	1948	1923
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	4485	4969	4425	4582	5486	5149	4839	5079	4502	5244	4876
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	83287	83294	83561	83203	83064	82896	83172	83233	83318	82812	83184
Número de ordens rejeitadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de ordens chegadas	89693	90249	89938	89773	90563	89982	89896	90288	89704	90052	90014
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	3,411	3,572	3,287	3,237	3,722	3,767	3,390	3,610	3,244	3,733	3,497
Desvio absoluto médio (MAD)	47,11	46,94	47,15	47,19	47,20	47,39	47,44	47,09	47,28	47,32	47,21
Percentagem de atrasos	0,050	0,055	0,049	0,051	0,061	0,057	0,054	0,056	0,050	0,058	0,054
Percentagem de ordens rejeitadas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na <i>shop</i></b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
(2) Tempo médio de processamento	0,652	0,652	0,652	0,653	0,659	0,659	0,658	0,654	0,654	0,660	0,655
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	3,741	3,966	3,670	3,704	4,291	4,099	3,900	3,988	3,690	4,208	3,926
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	4,394	4,618	4,322	4,357	4,951	4,758	4,559	4,642	4,344	4,868	4,581
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	4,394	4,618	4,322	4,357	4,951	4,758	4,559	4,642	4,344	4,868	4,581
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	50,523	50,630	50,563	50,723	51,202	51,185	51,065	50,831	50,713	51,188	50,862
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	54,917	55,248	54,885	55,080	56,153	55,943	55,624	55,473	55,057	56,056	55,443
Percentagem média de utilização	0,866	0,872	0,868	0,868	0,884	0,879	0,877	0,875	0,869	0,880	0,874
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 4. Combinação de fatores AT-IMR-FCFS e  $k_{TWK} = 77,7$

AT-IMR-EDD $k_{TWK} = 4,6$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,869	0,872	0,871	0,874	0,877	0,872	0,887	0,877	0,878	0,866	0,874
Maq2. Utilization	0,870	0,871	0,877	0,873	0,870	0,878	0,872	0,875	0,869	0,868	0,872
Maq3. Utilization	0,870	0,880	0,869	0,866	0,874	0,872	0,878	0,884	0,870	0,874	0,874
Maq4. Utilization	0,876	0,871	0,875	0,873	0,873	0,868	0,882	0,881	0,874	0,869	0,874
Maq5. Utilization	0,870	0,869	0,872	0,874	0,876	0,871	0,879	0,879	0,872	0,866	0,873
Maq6. Utilization	0,869	0,873	0,874	0,879	0,875	0,875	0,882	0,879	0,875	0,871	0,875
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	24251	24197	24628	23999	24089	23141	24071	24707	23477	23817	24038
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	12445	13416	12053	14067	13092	14926	15706	16182	14649	11906	13844
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	53317	52603	53224	51967	53461	51653	50363	49648	51585	53581	52140
Número de ordens rejeitadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de ordens chegadas	90055	90055	90055	90055	90055	90055	90055	90055	90055	90055	90055
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,853	1,853	1,853	1,853	1,853	1,853	1,853	1,853	1,853	1,853	1,853
Desvio absoluto médio (MAD)	1,338	1,338	1,338	1,338	1,338	1,338	1,338	1,338	1,338	1,338	1,338
Percentagem de atrasos	0,138	0,138	0,138	0,138	0,138	0,138	0,138	0,138	0,138	0,138	0,138
Percentagem de ordens rejeitadas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
(2) Tempo médio de processamento	0,653	0,653	0,653	0,653	0,653	0,653	0,653	0,653	0,653	0,653	0,653
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	2,039	2,039	2,039	2,039	2,039	2,039	2,039	2,039	2,039	2,039	2,039
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	2,691	2,691	2,691	2,691	2,691	2,691	2,691	2,691	2,691	2,691	2,691
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	2,691	2,691	2,691	2,691	2,691	2,691	2,691	2,691	2,691	2,691	2,691
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	1,826	1,826	1,826	1,826	1,826	1,826	1,826	1,826	1,826	1,826	1,826
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	4,517	4,517	4,517	4,517	4,517	4,517	4,517	4,517	4,517	4,517	4,517
Percentagem média de utilização	0,871	0,871	0,871	0,871	0,871	0,871	0,871	0,871	0,871	0,871	0,871

As medidas (1) a (7) estão expressa em dias

Quadro 5. Combinação de factores AT-IMR-EDD e  $k_{TWK} = 4,6$

AT-IMR-EDD $k_{TWK} = 12,9$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 Média	
Maq1. Utilization	0,883	0,877	0,868	0,877	0,872	0,872	0,876	0,881	0,875	0,870	0,875
Maq2. Utilization	0,879	0,872	0,872	0,873	0,874	0,877	0,868	0,888	0,876	0,877	0,876
Maq3. Utilization	0,880	0,878	0,872	0,881	0,872	0,871	0,873	0,880	0,868	0,874	0,875
Maq4. Utilization	0,878	0,878	0,870	0,877	0,872	0,872	0,868	0,881	0,869	0,879	0,874
Maq5. Utilization	0,870	0,878	0,864	0,873	0,877	0,869	0,869	0,882	0,871	0,876	0,873
Maq6. Utilization	0,877	0,874	0,871	0,879	0,877	0,865	0,875	0,884	0,867	0,877	0,875
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	6150	6310	6154	6200	6237	6098	6015	6126	6330	6202	6182
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	636	630	609	629	672	683	630	706	610	619	642
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	83473	83217	82691	83363	83152	82828	82952	83343	82808	82946	83077
Número de ordens rejeitadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de ordens chegadas	90270	90172	89484	90208	90078	89621	89609	90195	89771	89792	89920
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,063	1,063	1,046	1,067	1,060	1,081	1,075	1,076	1,064	1,078	1,067
Desvio absoluto médio (MAD)	6,532	6,572	6,637	6,551	6,571	6,627	6,636	6,468	6,627	6,622	6,584
Percentagem de atrasos	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,008	0,007	0,008	0,007	0,007	0,007
Percentagem de ordens rejeitadas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
(2) Tempo médio de processamento	0,656	0,656	0,656	0,656	0,655	0,656	0,657	0,661	0,655	0,658	0,657
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	1,785	1,737	1,677	1,766	1,732	1,688	1,684	1,905	1,676	1,715	1,737
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	2,442	2,393	2,333	2,422	2,387	2,344	2,341	2,566	2,331	2,373	2,393
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	2,442	2,393	2,333	2,422	2,387	2,344	2,341	2,566	2,331	2,373	2,393
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	7,054	7,112	7,172	7,080	7,108	7,161	7,160	6,989	7,174	7,158	7,117
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	9,496	9,505	9,505	9,502	9,495	9,505	9,500	9,555	9,505	9,532	9,510
Percentagem média de utilização	0,878	0,876	0,869	0,877	0,874	0,871	0,871	0,883	0,871	0,876	0,875

As medidas (1) a (7) estão expressa em dias

Quadro 6. Combinação de factores AT-IMR-EDD e  $k_{TWK} = 12,9$

AT-IMR-EDD $k_{TWK} = 38$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,878	0,879	0,879	0,879	0,874	0,871	0,873	0,872	0,875	0,882	0,876
Maq2. Utilization	0,878	0,883	0,881	0,877	0,881	0,879	0,872	0,869	0,866	0,881	0,877
Maq3. Utilization	0,880	0,889	0,882	0,872	0,880	0,864	0,876	0,874	0,872	0,883	0,877
Maq4. Utilization	0,878	0,880	0,879	0,871	0,878	0,868	0,869	0,868	0,874	0,885	0,875
Maq5. Utilization	0,879	0,883	0,877	0,875	0,874	0,874	0,873	0,872	0,876	0,891	0,877
Maq6. Utilization	0,877	0,880	0,889	0,874	0,883	0,871	0,869	0,877	0,868	0,881	0,877
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	2046	2134	2087	2080	2036	2116	2098	2024	2062	2107	2079
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	212	205	213	196	190	201	187	192	215	229	204
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	88099	88289	88371	87602	88032	87330	87248	87996	87794	87813	87857
Número de ordens rejeitadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de ordens chegadas	90392	90656	90697	89901	90275	89669	89558	90223	90102	90161	90163
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,066	1,088	1,108	1,087	1,047	1,060	1,043	1,109	1,079	1,039	1,073
Desvio absoluto médio (MAD)	23,053	23,016	22,985	23,066	23,064	23,095	23,134	22,969	22,947	23,214	23,054
Percentagem de atrasos	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,002
Percentagem de ordens rejeitadas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na <i>shop</i></b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
(2) Tempo médio de processamento	0,656	0,657	0,656	0,657	0,657	0,656	0,658	0,652	0,653	0,662	0,656
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	1,702	1,781	1,774	1,724	1,729	1,661	1,681	1,657	1,718	1,770	1,720
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	2,358	2,438	2,430	2,381	2,385	2,316	2,338	2,310	2,372	2,432	2,376
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	2,358	2,438	2,430	2,381	2,385	2,316	2,338	2,310	2,372	2,432	2,376
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	23,641	23,623	23,580	23,663	23,644	23,705	23,737	23,545	23,539	23,829	23,651
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	25,999	26,061	26,010	26,044	26,029	26,021	26,075	25,855	25,911	26,261	26,026
Percentagem média de utilização	0,878	0,882	0,881	0,875	0,878	0,871	0,872	0,872	0,872	0,884	0,877

As medidas (1) a (7) estão expressa em dias

Quadro 7. Combinação de factores AT-IMR-EDD e  $k_{TWK} = 38$

AT-IMR-EDD $k_{TWK} = 77,7$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,872	0,870	0,879	0,881	0,887	0,877	0,871	0,873	0,879	0,870	0,876
Maq2. Utilization	0,867	0,865	0,882	0,875	0,877	0,875	0,873	0,873	0,877	0,873	0,874
Maq3. Utilization	0,877	0,867	0,873	0,882	0,881	0,872	0,872	0,874	0,874	0,878	0,875
Maq4. Utilization	0,868	0,863	0,881	0,875	0,879	0,880	0,869	0,876	0,879	0,873	0,874
Maq5. Utilization	0,871	0,872	0,884	0,883	0,879	0,874	0,874	0,873	0,869	0,875	0,875
Maq6. Utilization	0,867	0,871	0,885	0,882	0,875	0,877	0,875	0,867	0,874	0,877	0,875
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	1099	1066	1070	966	994	1005	1039	1025	1009	1062	1034
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	80	96	105	104	111	85	103	95	105	105	99
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	88857	88782	89267	89144	89269	89177	88503	89055	88928	88929	88991
Número de ordens rejeitadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de ordens chegadas	90059	89962	90462	90233	90410	90292	89659	90188	90071	90105	90144
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,063	1,073	1,048	1,067	1,045	1,059	1,087	1,074	1,086	1,029	1,063
Desvio absoluto médio (MAD)	48,891	48,789	49,156	49,214	49,109	49,017	49,168	48,933	49,124	49,040	49,044
Percentagem de atrasos	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Percentagem de ordens rejeitadas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
(2) Tempo médio de processamento	0,653	0,651	0,657	0,658	0,657	0,655	0,657	0,653	0,656	0,655	0,655
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	1,640	1,659	1,746	1,757	1,759	1,683	1,680	1,659	1,689	1,688	1,696
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	2,292	2,311	2,403	2,415	2,416	2,338	2,336	2,313	2,345	2,343	2,351
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	2,292	2,311	2,403	2,415	2,416	2,338	2,336	2,313	2,345	2,343	2,351
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	49,538	49,426	49,802	49,803	49,715	49,614	49,800	49,547	49,737	49,681	49,666
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	51,830	51,737	52,205	52,218	52,131	51,952	52,136	51,860	52,082	52,024	52,018
Percentagem média de utilização	0,870	0,868	0,881	0,880	0,880	0,876	0,872	0,873	0,875	0,874	0,875
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 8. Combinação de factores AT-IMR-EDD e  $k_{TWK} = 77,7$

AT-BIL-FCFS $k_{TWK} = 4,6$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,877	0,880	0,881	0,868	0,880	0,864	0,874	0,875	0,877	0,871	0,875
Maq2. Utilization	0,875	0,875	0,880	0,864	0,874	0,868	0,877	0,872	0,882	0,879	0,874
Maq3. Utilization	0,881	0,878	0,879	0,863	0,873	0,871	0,875	0,875	0,871	0,879	0,874
Maq4. Utilization	0,881	0,876	0,876	0,872	0,878	0,868	0,873	0,874	0,881	0,878	0,876
Maq5. Utilization	0,881	0,879	0,878	0,865	0,873	0,867	0,879	0,878	0,881	0,877	0,876
Maq6. Utilization	0,870	0,879	0,878	0,865	0,876	0,871	0,876	0,874	0,881	0,881	0,875
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	14447	14661	14445	15118	15069	15223	14573	14488	14212	14092	14633
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	47414	47159	47746	43810	45346	44111	47204	47191	48259	48137	46638
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	28236	28620	28167	30228	29629	30372	28505	28363	27782	27638	28754
Número de ordens rejeitadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de ordens chegadas	90144	90532	90411	89188	90048	89728	90327	90060	90283	89912	90063
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	3,732	3,661	3,786	3,430	3,469	3,328	3,693	3,839	3,752	3,939	3,663
Desvio absoluto médio (MAD)	2,755	2,704	2,788	2,552	2,588	2,499	2,721	2,805	2,780	2,886	2,708
Percentagem de atrasos	0,526	0,521	0,528	0,491	0,504	0,492	0,523	0,524	0,535	0,536	0,518
Percentagem de ordens rejeitadas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,111	0,107	0,110	0,115	0,105	0,106	0,110	0,110	0,108	0,107	0,109
(2) Tempo médio de processamento	0,657	0,655	0,656	0,656	0,656	0,653	0,655	0,656	0,657	0,659	0,656
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	3,946	3,886	3,990	3,587	3,682	3,543	3,908	3,989	4,012	4,120	3,866
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	4,603	4,541	4,646	4,243	4,339	4,196	4,563	4,644	4,669	4,779	4,522
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	4,714	4,649	4,756	4,358	4,443	4,302	4,672	4,754	4,778	4,887	4,631
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	2,523	2,513	2,526	2,555	2,556	2,548	2,503	2,517	2,514	2,524	2,528
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	7,237	7,162	7,282	6,912	6,999	6,850	7,175	7,271	7,291	7,410	7,159
Percentagem média de utilização	0,877	0,878	0,879	0,866	0,876	0,868	0,876	0,875	0,879	0,878	0,875

As medidas (1) a (7) estão expressa em dias

Quadro 9. Combinação de factores AT-BIL-FCFS e  $k_{TWK} = 4,6$

AT-BIL-FCFS $k_{TWK} = 12,9$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,883	0,877	0,873	0,874	0,875	0,869	0,872	0,871	0,882	0,869	0,875
Maq2. Utilization	0,876	0,871	0,877	0,872	0,873	0,873	0,872	0,865	0,886	0,876	0,874
Maq3. Utilization	0,881	0,869	0,870	0,867	0,877	0,872	0,873	0,872	0,885	0,878	0,874
Maq4. Utilization	0,879	0,874	0,873	0,868	0,872	0,871	0,873	0,865	0,881	0,878	0,874
Maq5. Utilization	0,881	0,877	0,871	0,874	0,874	0,868	0,872	0,866	0,885	0,869	0,874
Maq6. Utilization	0,876	0,873	0,876	0,873	0,878	0,875	0,870	0,872	0,885	0,874	0,875
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	9481	9355	9149	9229	9632	9466	9210	9402	9389	9331	9364
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	26815	23287	25119	23637	24841	24596	24300	23445	27388	24649	24808
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	54267	57365	55776	56783	55788	55648	56193	57038	53421	55941	55822
Número de ordens rejeitadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de ordens chegadas	90647	90049	90103	89709	90404	89781	89803	89929	90248	90006	90068
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	3,666	3,212	3,949	3,359	3,566	3,567	3,538	3,390	3,832	3,515	3,559
Desvio absoluto médio (MAD)	3,708	3,694	3,879	3,738	3,741	3,755	3,759	3,716	3,742	3,748	3,748
Percentagem de atrasos	0,296	0,259	0,279	0,264	0,275	0,274	0,271	0,261	0,304	0,274	0,276
Percentagem de ordens rejeitadas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na <i>shop</i></b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	2,589	2,578	2,594	2,578	2,590	2,598	2,594	2,573	2,655	2,594	2,594
(2) Tempo médio de processamento	0,655	0,655	0,655	0,656	0,654	0,655	0,656	0,652	0,661	0,656	0,656
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	4,176	3,687	4,025	3,767	3,918	3,908	3,878	3,745	4,303	3,895	3,930
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	4,832	4,342	4,679	4,423	4,572	4,563	4,534	4,398	4,964	4,551	4,586
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	7,420	6,920	7,274	7,001	7,161	7,161	7,128	6,970	7,619	7,145	7,180
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	4,377	4,492	4,484	4,503	4,464	4,477	4,470	4,462	4,354	4,476	4,456
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	11,797	11,411	11,757	11,503	11,625	11,638	11,598	11,432	11,973	11,621	11,636
Percentagem média de utilização	0,879	0,873	0,873	0,871	0,875	0,871	0,872	0,869	0,884	0,874	0,874
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 10. Combinação de factores AT-BIL-FCFS e  $k_{TWK} = 12,9$

AT-BIL-FCFS $k_{TWK} = 38$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,869	0,879	0,864	0,872	0,873	0,878	0,875	0,879	0,881	0,871	0,874
Maq2. Utilization	0,864	0,874	0,863	0,871	0,877	0,871	0,880	0,880	0,871	0,873	0,872
Maq3. Utilization	0,870	0,872	0,869	0,877	0,878	0,869	0,877	0,884	0,873	0,873	0,874
Maq4. Utilization	0,867	0,873	0,871	0,873	0,872	0,864	0,876	0,883	0,875	0,872	0,873
Maq5. Utilization	0,875	0,882	0,872	0,870	0,881	0,862	0,885	0,884	0,878	0,870	0,876
Maq6. Utilization	0,868	0,871	0,870	0,869	0,875	0,870	0,878	0,880	0,874	0,873	0,873
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	5439	5429	5401	5415	5462	5345	5417	5582	5670	5324	5448
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	10253	11480	10676	12213	11152	11365	11879	12108	12976	11179	11528
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	74443	73457	73794	71778	73479	72868	72999	72349	71283	72966	72942
Número de ordens rejeitadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de ordens chegadas	90320	90543	90027	89558	90304	89768	90466	90184	90111	89626	90091
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	3,035	3,278	3,149	3,530	3,124	3,263	3,276	3,250	3,480	3,215	3,260
Desvio absoluto médio (MAD)	5,073	5,011	5,079	4,999	4,977	5,047	4,949	4,903	4,927	5,041	5,001
Percentagem de atrasos	0,114	0,127	0,119	0,137	0,124	0,127	0,132	0,134	0,144	0,125	0,128
Percentagem de ordens rejeitadas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na <i>shop</i></b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	16,505	16,606	16,570	16,788	16,687	16,619	16,701	16,844	16,724	16,748	16,679
(2) Tempo médio de processamento	0,651	0,654	0,652	0,658	0,656	0,655	0,657	0,661	0,657	0,658	0,656
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	3,660	3,877	3,704	4,016	3,868	3,862	3,982	4,061	4,144	3,835	3,901
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	4,311	4,531	4,356	4,674	4,524	4,517	4,639	4,722	4,801	4,493	4,557
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	20,816	21,137	20,926	21,462	21,211	21,136	21,340	21,566	21,525	21,241	21,236
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	5,725	5,652	5,730	5,626	5,628	5,695	5,588	5,558	5,583	5,689	5,647
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	26,541	26,788	26,656	27,089	26,839	26,831	26,929	27,124	27,107	26,930	26,883
Percentagem média de utilização	0,869	0,875	0,868	0,872	0,876	0,869	0,878	0,882	0,875	0,872	0,874
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 11. Combinação de factores AT-BIL-FCFS e  $k_{TWK} = 38$

AT-BIL-FCFS $k_{TWK} = 77,7$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,869	0,884	0,883	0,867	0,873	0,872	0,881	0,871	0,870	0,874	0,874
Maq2. Utilization	0,862	0,880	0,880	0,871	0,871	0,871	0,884	0,876	0,873	0,885	0,875
Maq3. Utilization	0,863	0,881	0,877	0,866	0,869	0,871	0,883	0,878	0,876	0,882	0,874
Maq4. Utilization	0,867	0,879	0,880	0,869	0,866	0,871	0,878	0,874	0,876	0,880	0,874
Maq5. Utilization	0,865	0,885	0,882	0,870	0,865	0,870	0,878	0,877	0,874	0,872	0,874
Maq6. Utilization	0,866	0,880	0,884	0,871	0,866	0,872	0,877	0,876	0,872	0,876	0,874
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	3762	4314	4282	3814	3724	3979	4271	4127	4037	4193	4050
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	5961	8604	8308	6771	6652	7337	7866	7529	7131	8753	7491
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	80025	77673	77625	78911	79479	78329	77944	78293	78847	76866	78399
Número de ordens rejeitadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de ordens chegadas	90087	90954	90584	89831	90272	90021	90439	90331	90427	90184	90313
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	2,823	3,087	3,424	3,261	2,956	3,147	3,083	2,980	3,010	3,752	3,152
Desvio absoluto médio (MAD)	5,695	5,327	5,377	5,659	5,654	5,555	5,387	5,458	5,521	5,520	5,515
Percentagem de atrasos	0,066	0,095	0,092	0,076	0,074	0,082	0,087	0,084	0,079	0,097	0,083
Percentagem de ordens rejeitadas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na <i>shop</i></b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	41,500	41,949	42,123	41,802	41,574	41,878	42,129	41,953	41,825	42,134	41,887
(2) Tempo médio de processamento	0,651	0,657	0,659	0,655	0,652	0,656	0,659	0,657	0,655	0,660	0,656
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	3,575	4,149	4,158	3,773	3,702	3,858	4,068	3,948	3,847	4,154	3,923
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	4,226	4,805	4,817	4,429	4,354	4,513	4,728	4,605	4,502	4,813	4,579
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	45,726	46,754	46,940	46,231	45,928	46,391	46,857	46,558	46,327	46,947	46,466
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	6,177	5,871	5,883	6,138	6,145	6,063	5,915	5,984	6,031	6,023	6,023
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	51,903	52,625	52,823	52,369	52,073	52,454	52,771	52,542	52,358	52,970	52,489
Percentagem média de utilização	0,865	0,881	0,881	0,869	0,868	0,871	0,880	0,875	0,874	0,878	0,874
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 12. Combinação de factores AT-BIL-FCFS e  $k_{TWK} = 77,7$

AT-BIL-EDD $k_{TWK} = 4,6$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,879	0,880	0,875	0,867	0,876	0,872	0,876	0,864	0,880	0,873	0,874
Maq2. Utilization	0,871	0,870	0,873	0,869	0,872	0,881	0,875	0,865	0,879	0,882	0,874
Maq3. Utilization	0,875	0,875	0,867	0,868	0,875	0,874	0,870	0,867	0,877	0,876	0,872
Maq4. Utilization	0,876	0,879	0,874	0,864	0,878	0,882	0,876	0,868	0,876	0,877	0,875
Maq5. Utilization	0,869	0,883	0,870	0,869	0,872	0,873	0,872	0,874	0,877	0,883	0,874
Maq6. Utilization	0,866	0,874	0,870	0,871	0,876	0,877	0,880	0,870	0,878	0,886	0,875
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	23696	23686	24537	23942	24825	24234	23853	24406	23239	24270	24069
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	17476	19615	16680	14999	17021	19132	18473	16400	21642	20020	18146
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	48873	46956	48474	50412	48441	46625	47548	49098	45130	45970	47753
Número de ordens rejeitadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de ordens chegadas	90071	90279	89707	89408	90324	90006	89910	89930	90028	90292	89996
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	2,213	2,312	1,893	1,896	1,808	2,079	2,199	1,877	2,706	2,264	2,125
Desvio absoluto médio (MAD)	1,367	1,397	1,278	1,296	1,256	1,330	1,363	1,291	1,519	1,368	1,347
Percentagem de atrasos	0,194	0,217	0,186	0,168	0,189	0,213	0,206	0,182	0,240	0,222	0,202
Percentagem de ordens rejeitadas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,109	0,109	0,112	0,105	0,108	0,115	0,112	0,107	0,113	0,110	0,110
(2) Tempo médio de processamento	0,654	0,656	0,656	0,656	0,654	0,658	0,657	0,652	0,658	0,658	0,656
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	2,258	2,379	2,197	2,115	2,192	2,329	2,315	2,154	2,556	2,413	2,291
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	2,912	3,035	2,853	2,771	2,846	2,987	2,972	2,806	3,214	3,071	2,946
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	3,021	3,144	2,964	2,876	2,954	3,101	3,084	2,913	3,327	3,181	3,057
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	1,728	1,719	1,713	1,734	1,706	1,714	1,722	1,737	1,732	1,700	1,720
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	4,749	4,863	4,677	4,610	4,660	4,815	4,806	4,650	5,060	4,881	4,777
Percentagem média de utilização	0,872	0,877	0,871	0,868	0,875	0,877	0,875	0,868	0,878	0,880	0,874

As medidas (1) a (7) estão expressa em dias

Quadro 13. Combinação de factores AT-BIL-EDD e  $k_{TWK} = 4,6$

AT-BIL-EDD $k_{TWK} = 12,9$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 Média	
Maq1. Utilization	0,882	0,870	0,884	0,885	0,884	0,870	0,875	0,878	0,866	0,879	0,877
Maq2. Utilization	0,878	0,874	0,886	0,884	0,884	0,875	0,868	0,874	0,871	0,870	0,876
Maq3. Utilization	0,877	0,875	0,882	0,883	0,886	0,873	0,872	0,877	0,871	0,877	0,877
Maq4. Utilization	0,882	0,874	0,885	0,876	0,882	0,867	0,873	0,879	0,864	0,879	0,876
Maq5. Utilization	0,883	0,874	0,885	0,884	0,882	0,866	0,873	0,880	0,862	0,873	0,876
Maq6. Utilization	0,880	0,870	0,883	0,884	0,881	0,876	0,869	0,881	0,871	0,878	0,877
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	7825	7697	8332	8080	7731	7294	7408	8181	7164	7568	7728
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	3576	2638	4185	2606	3121	2078	1943	4312	2637	2451	2955
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	79045	80017	78052	79457	79754	80037	80666	77720	79857	79988	79459
Número de ordens rejeitadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de ordens chegadas	90481	90425	90605	90208	90638	89453	90050	90264	89684	90054	90186
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,940	1,687	1,919	1,565	2,104	1,494	1,705	2,080	1,746	1,641	1,788
Desvio absoluto médio (MAD)	3,214	3,328	3,205	3,199	3,263	3,423	3,387	3,230	3,406	3,332	3,299
Percentagem de atrasos	0,040	0,029	0,046	0,029	0,034	0,023	0,022	0,048	0,029	0,027	0,033
Percentagem de ordens rejeitadas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	2,618	2,571	2,624	2,647	2,593	2,599	2,578	2,599	2,581	2,589	2,600
(2) Tempo médio de processamento	0,657	0,652	0,659	0,661	0,658	0,658	0,654	0,657	0,653	0,657	0,657
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	2,644	2,463	2,692	2,613	2,620	2,377	2,390	2,692	2,390	2,490	2,537
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	3,301	3,115	3,351	3,273	3,278	3,035	3,044	3,348	3,043	3,147	3,194
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	5,919	5,685	5,975	5,920	5,871	5,634	5,622	5,947	5,625	5,736	5,794
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	3,590	3,702	3,616	3,578	3,625	3,785	3,738	3,633	3,766	3,699	3,673
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	9,509	9,387	9,592	9,498	9,496	9,420	9,361	9,581	9,391	9,435	9,467
Percentagem média de utilização	0,880	0,873	0,884	0,882	0,883	0,871	0,872	0,878	0,867	0,876	0,877
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 14. Combinação de factores AT-BIL-EDD e  $k_{TWK} = 12,9$

AT-BIL-EDD $k_{TWK} = 38$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,872	0,878	0,874	0,888	0,887	0,865	0,891	0,870	0,873	0,877	0,878
Maq2. Utilization	0,878	0,873	0,872	0,888	0,879	0,867	0,885	0,869	0,875	0,880	0,877
Maq3. Utilization	0,877	0,867	0,870	0,881	0,884	0,869	0,886	0,876	0,873	0,886	0,877
Maq4. Utilization	0,872	0,880	0,873	0,879	0,879	0,871	0,886	0,868	0,870	0,884	0,876
Maq5. Utilization	0,876	0,873	0,869	0,888	0,887	0,863	0,886	0,872	0,878	0,882	0,877
Maq6. Utilization	0,869	0,877	0,873	0,882	0,884	0,870	0,885	0,870	0,871	0,879	0,876
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	2721	2926	2796	3219	3217	2841	3087	2917	2869	3220	2981
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	786	2019	1102	2754	1478	1827	1139	1238	960	1454	1476
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	86966	84735	86482	84528	85647	84669	86329	85683	86373	85641	85705
Número de ordens rejeitadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de ordens chegadas	90657	89852	90554	90671	90524	89488	90714	90003	90369	90496	90333
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,611	2,600	1,780	2,836	1,694	2,002	1,609	2,095	1,968	1,613	1,981
Desvio absoluto médio (MAD)	5,000	4,961	5,058	4,805	4,800	5,157	4,792	5,094	5,118	4,855	4,964
Percentagem de atrasos	0,009	0,023	0,012	0,030	0,016	0,020	0,013	0,014	0,011	0,016	0,016
Percentagem de ordens rejeitadas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	16,523	16,788	16,523	16,798	16,823	16,666	16,832	16,599	16,594	16,790	16,694
(2) Tempo médio de processamento	0,652	0,658	0,651	0,660	0,660	0,655	0,661	0,654	0,654	0,659	0,656
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	3,105	3,201	3,038	3,447	3,328	2,985	3,339	3,050	2,987	3,256	3,173
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	3,757	3,860	3,689	4,106	3,988	3,641	4,000	3,704	3,640	3,915	3,830
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	20,280	20,648	20,212	20,904	20,811	20,307	20,832	20,303	20,234	20,705	20,523
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	5,187	5,188	5,263	5,052	5,034	5,398	5,005	5,311	5,323	5,092	5,185
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	25,467	25,836	25,475	25,956	25,845	25,705	25,836	25,613	25,557	25,797	25,709
Percentagem média de utilização	0,874	0,875	0,872	0,884	0,883	0,867	0,886	0,871	0,873	0,881	0,877
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 15. Combinação de factores AT-BIL-EDD e  $k_{TWK} = 38$

AT-BIL-EDD $k_{TWK} = 77,7$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 Média	
Maq1. Utilization	0,879	0,871	0,880	0,879	0,880	0,867	0,874	0,874	0,863	0,875	0,874
Maq2. Utilization	0,873	0,873	0,872	0,875	0,883	0,859	0,869	0,873	0,867	0,874	0,872
Maq3. Utilization	0,882	0,872	0,869	0,874	0,878	0,864	0,867	0,880	0,872	0,883	0,874
Maq4. Utilization	0,878	0,871	0,874	0,874	0,872	0,858	0,871	0,881	0,865	0,874	0,872
Maq5. Utilization	0,876	0,871	0,873	0,879	0,877	0,862	0,868	0,883	0,875	0,875	0,874
Maq6. Utilization	0,877	0,864	0,879	0,878	0,879	0,868	0,872	0,881	0,867	0,872	0,874
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	1472	1592	2154	1637	2347	1429	1476	1663	1272	1863	1691
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	460	792	2714	1822	1991	572	591	565	193	1397	1110
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	88511	87566	85403	86556	85932	87523	87919	87875	88239	86541	87207
Número de ordens rejeitadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de ordens chegadas	90897	90323	90617	90376	90659	89894	90347	90470	90054	90153	90379
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,624	1,775	2,749	3,514	2,357	1,673	1,675	1,453	1,316	2,878	2,101
Desvio absoluto médio (MAD)	5,530	5,671	5,434	5,540	5,389	5,856	5,819	5,418	5,736	5,499	5,589
Percentagem de atrasos	0,005	0,009	0,030	0,020	0,022	0,006	0,007	0,006	0,002	0,016	0,012
Percentagem de ordens rejeitadas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na <i>shop</i></b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	41,755	41,653	41,727	41,968	41,890	41,450	41,624	42,037	41,651	42,021	41,778
(2) Tempo médio de processamento	0,655	0,653	0,654	0,657	0,656	0,651	0,653	0,658	0,653	0,658	0,655
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	3,410	3,258	3,629	3,511	3,648	3,091	3,123	3,518	3,184	3,527	3,390
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	4,065	3,911	4,283	4,168	4,304	3,741	3,776	4,177	3,837	4,185	4,045
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	45,820	45,564	46,010	46,136	46,194	45,191	45,400	46,214	45,488	46,206	45,822
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	5,642	5,809	5,656	5,687	5,606	5,979	5,945	5,546	5,828	5,660	5,736
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	51,462	51,373	51,666	51,823	51,800	51,170	51,344	51,760	51,317	51,866	51,558
Percentagem média de utilização	0,877	0,870	0,874	0,876	0,878	0,863	0,870	0,879	0,868	0,876	0,873
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 16. Combinação de factores AT-BIL-EDD e  $k_{TWK} = 77,7$

AT-MIL-FCFS $k_{TWK} = 4,6$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,867	0,878	0,879	0,860	0,877	0,872	0,875	0,877	0,880	0,865	0,873
Maq2. Utilization	0,875	0,874	0,878	0,861	0,876	0,879	0,879	0,873	0,872	0,870	0,874
Maq3. Utilization	0,879	0,873	0,873	0,865	0,878	0,875	0,881	0,874	0,874	0,869	0,874
Maq4. Utilization	0,868	0,873	0,883	0,868	0,873	0,872	0,874	0,872	0,877	0,871	0,873
Maq5. Utilization	0,870	0,876	0,882	0,865	0,880	0,871	0,872	0,875	0,870	0,869	0,873
Maq6. Utilization	0,869	0,872	0,878	0,863	0,880	0,876	0,879	0,871	0,869	0,874	0,873
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	14569	14338	13944	15349	14263	14354	14049	14533	14290	14504	14419
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	46887	47358	48375	43868	48030	47112	48388	46591	47359	45906	46987
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	28781	28309	27538	30581	27945	28642	27596	28953	28385	29519	28625
Número de ordens rejeitadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de ordens chegadas	90289	90060	89876	89858	90287	90122	90105	90115	90082	89942	90074
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	3,905	3,872	4,281	3,447	4,030	3,939	4,116	4,023	3,907	3,676	3,920
Desvio absoluto médio (MAD)	2,796	2,798	3,038	2,505	2,887	2,824	2,952	2,854	2,815	2,669	2,814
Percentagem de atrasos	0,520	0,526	0,538	0,489	0,532	0,523	0,537	0,517	0,526	0,510	0,522
Percentagem de ordens rejeitadas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,140	0,138	0,132	0,144	0,136	0,134	0,140	0,133	0,134	0,139	0,137
(2) Tempo médio de processamento	0,652	0,656	0,660	0,649	0,656	0,655	0,657	0,655	0,655	0,653	0,655
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	3,988	4,026	4,338	3,576	4,150	4,038	4,222	4,051	4,042	3,822	4,025
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	4,639	4,682	4,998	4,225	4,806	4,693	4,879	4,706	4,697	4,475	4,680
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	4,779	4,820	5,131	4,369	4,942	4,827	5,019	4,839	4,831	4,615	4,817
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	2,405	2,417	2,394	2,412	2,396	2,406	2,413	2,407	2,412	2,415	2,408
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	7,184	7,237	7,525	6,781	7,338	7,233	7,432	7,245	7,243	7,030	7,225
Percentagem média de utilização	0,871	0,874	0,879	0,864	0,877	0,874	0,877	0,874	0,874	0,870	0,873
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 17. Combinação de factores AT-MIL-FCFS e  $k_{TWK} = 4,6$

AT-MIL-FCFS $k_{TWK} = 12,9$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,876	0,873	0,876	0,882	0,867	0,878	0,885	0,878	0,878	0,869	0,876
Maq2. Utilization	0,878	0,870	0,874	0,885	0,860	0,878	0,882	0,886	0,876	0,871	0,876
Maq3. Utilization	0,877	0,871	0,873	0,884	0,874	0,879	0,884	0,884	0,873	0,870	0,877
Maq4. Utilization	0,877	0,869	0,880	0,879	0,865	0,878	0,880	0,878	0,878	0,881	0,876
Maq5. Utilization	0,876	0,872	0,877	0,879	0,867	0,875	0,880	0,882	0,873	0,873	0,875
Maq6. Utilization	0,872	0,870	0,871	0,885	0,871	0,878	0,877	0,882	0,876	0,878	0,876
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	9087	9279	9079	9053	9198	9068	9132	9127	9279	9029	9133
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	27301	25952	26394	29561	24543	28123	27759	28635	27752	26966	27299
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	53877	54720	54483	51694	56087	52870	53612	52525	52925	53549	53634
Número de ordens rejeitadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de ordens chegadas	90314	89982	90004	90365	89895	90101	90562	90320	90031	89623	90120
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	4,330	4,110	3,929	4,811	3,684	4,154	4,152	4,255	4,037	4,141	4,160
Desvio absoluto médio (MAD)	3,717	3,657	3,611	3,870	3,556	3,644	3,651	3,683	3,609	3,674	3,663
Percentagem de atrasos	0,302	0,289	0,293	0,327	0,273	0,312	0,307	0,317	0,309	0,301	0,303
Percentagem de ordens rejeitadas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	2,734	2,748	2,761	2,698	2,756	2,740	2,714	2,742	2,732	2,771	2,740
(2) Tempo médio de processamento	0,655	0,653	0,657	0,659	0,652	0,658	0,657	0,659	0,657	0,658	0,657
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	4,463	4,242	4,246	4,933	3,959	4,543	4,499	4,620	4,467	4,389	4,436
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	5,118	4,895	4,903	5,592	4,611	5,201	5,156	5,279	5,124	5,048	5,093
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	7,852	7,644	7,663	8,290	7,367	7,941	7,870	8,022	7,857	7,818	7,832
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	4,034	4,062	4,058	4,010	4,084	3,997	4,014	4,011	4,017	4,058	4,034
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	11,886	11,706	11,721	12,300	11,450	11,938	11,884	12,033	11,874	11,876	11,867
Percentagem média de utilização	0,876	0,871	0,875	0,882	0,867	0,878	0,881	0,882	0,876	0,874	0,876
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 18. Combinação de fatores AT-MIL-FCFS e  $k_{TWK} = 12,9$

AT-MIL-FCFS $k_{TWK} = 38$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,871	0,878	0,881	0,875	0,878	0,871	0,892	0,873	0,884	0,872	0,878
Maq2. Utilization	0,870	0,875	0,882	0,878	0,881	0,872	0,888	0,870	0,887	0,877	0,878
Maq3. Utilization	0,869	0,871	0,882	0,881	0,879	0,876	0,891	0,880	0,884	0,874	0,879
Maq4. Utilization	0,875	0,875	0,881	0,881	0,874	0,875	0,885	0,878	0,884	0,872	0,878
Maq5. Utilization	0,874	0,877	0,871	0,875	0,878	0,875	0,883	0,878	0,886	0,875	0,877
Maq6. Utilization	0,868	0,871	0,885	0,877	0,884	0,873	0,891	0,873	0,889	0,875	0,879
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	5318	5644	5738	5573	5584	5513	5873	5487	5805	5594	5613
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	10957	12445	14665	12215	14417	12420	15340	12442	15296	12683	13288
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	73584	72270	69706	72551	70163	71943	69285	71761	69616	71289	71217
Número de ordens rejeitadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de ordens chegadas	90085	90543	90249	90541	90341	90033	90633	89828	90886	89730	90287
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	3,325	3,732	3,968	3,514	4,124	3,686	3,996	3,648	3,975	3,712	3,768
Desvio absoluto médio (MAD)	4,596	4,598	4,561	4,574	4,605	4,571	4,474	4,600	4,509	4,538	4,563
Percentagem de atrasos	0,122	0,138	0,163	0,135	0,160	0,138	0,170	0,139	0,169	0,142	0,147
Percentagem de ordens rejeitadas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	16,999	16,896	16,980	16,988	16,934	17,014	17,043	17,089	16,915	17,085	16,994
(2) Tempo médio de processamento	0,654	0,653	0,660	0,656	0,658	0,656	0,663	0,659	0,659	0,659	0,658
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	3,889	4,178	4,634	4,148	4,600	4,192	4,834	4,175	4,782	4,277	4,371
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	4,543	4,832	5,294	4,804	5,258	4,848	5,496	4,834	5,441	4,936	5,029
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	21,542	21,728	22,274	21,792	22,192	21,862	22,539	21,923	22,356	22,021	22,023
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	5,118	5,106	5,061	5,104	5,070	5,074	4,959	5,116	5,002	5,042	5,065
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	26,659	26,834	27,335	26,896	27,262	26,936	27,498	27,039	27,359	27,063	27,088
Percentagem média de utilização	0,871	0,875	0,880	0,878	0,879	0,874	0,888	0,875	0,886	0,874	0,878
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 19. Combinação de factores AT-MIL-FCFS e  $k_{TWK} = 38$

AT-MIL-FCFS $k_{TWK} = 77,7$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 Média	
Maq1. Utilization	0,881	0,868	0,877	0,880	0,870	0,880	0,884	0,882	0,871	0,884	0,878
Maq2. Utilization	0,882	0,862	0,881	0,880	0,873	0,878	0,876	0,878	0,868	0,886	0,876
Maq3. Utilization	0,875	0,865	0,881	0,885	0,871	0,875	0,881	0,879	0,872	0,884	0,877
Maq4. Utilization	0,878	0,865	0,880	0,882	0,873	0,875	0,879	0,887	0,871	0,883	0,877
Maq5. Utilization	0,874	0,868	0,879	0,881	0,873	0,873	0,876	0,877	0,873	0,884	0,876
Maq6. Utilization	0,880	0,868	0,880	0,878	0,875	0,873	0,880	0,881	0,872	0,888	0,877
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	4428	3802	4533	4338	4163	4324	4330	4531	4094	4454	4300
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	8348	6321	9374	8499	7639	8537	8848	8663	7552	8197	8198
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	77673	79781	76149	77603	77852	77478	77333	77324	78250	78130	77757
Número de ordens rejeitadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de ordens chegadas	90802	90260	90443	90815	90028	90704	90832	90901	90269	91139	90619
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	3,172	2,844	3,253	3,191	3,176	3,468	3,675	3,312	3,153	3,254	3,250
Desvio absoluto médio (MAD)	4,925	5,120	4,887	4,995	5,003	4,999	5,026	4,939	5,059	4,928	4,988
Percentagem de atrasos	0,092	0,070	0,104	0,094	0,085	0,094	0,098	0,096	0,084	0,090	0,091
Percentagem de ordens rejeitadas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na <i>shop</i></b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	42,201	41,974	42,415	42,353	42,363	42,089	42,195	42,262	42,173	42,357	42,238
(2) Tempo médio de processamento	0,655	0,650	0,659	0,657	0,657	0,654	0,656	0,657	0,654	0,658	0,656
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	4,205	3,647	4,413	4,155	4,037	4,228	4,276	4,260	3,952	4,260	4,143
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	4,860	4,297	5,072	4,812	4,694	4,882	4,932	4,916	4,606	4,918	4,799
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	47,061	46,271	47,487	47,165	47,057	46,971	47,127	47,178	46,779	47,275	47,037
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	5,394	5,544	5,379	5,472	5,450	5,447	5,462	5,411	5,507	5,385	5,445
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	52,455	51,816	52,866	52,637	52,507	52,418	52,589	52,589	52,287	52,660	52,482
Percentagem média de utilização	0,878	0,866	0,880	0,881	0,873	0,876	0,879	0,881	0,871	0,885	0,877
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 20. Combinação de factores AT-MIL-FCFS e  $k_{TWK} = 77,7$

AT-MIL-EDD $k_{TWK} = 4,6$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,871	0,879	0,878	0,866	0,868	0,872	0,877	0,864	0,878	0,875	0,873
Maq2. Utilization	0,870	0,874	0,877	0,867	0,867	0,871	0,874	0,869	0,872	0,868	0,871
Maq3. Utilization	0,871	0,876	0,879	0,873	0,871	0,874	0,875	0,871	0,872	0,874	0,873
Maq4. Utilization	0,870	0,878	0,883	0,867	0,868	0,871	0,877	0,876	0,870	0,872	0,873
Maq5. Utilization	0,872	0,878	0,876	0,867	0,872	0,871	0,877	0,865	0,870	0,874	0,872
Maq6. Utilization	0,875	0,875	0,879	0,868	0,864	0,873	0,878	0,865	0,871	0,873	0,872
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	24462	24359	23970	23222	23372	24019	23654	23688	23879	23228	23785
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	21109	21019	23931	20387	18494	20327	22982	20564	22579	23311	21470
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	44656	44857	41996	46029	47978	45581	43282	45483	43256	43450	44657
Número de ordens rejeitadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de ordens chegadas	90262	90257	89921	89658	89867	89949	89928	89771	89732	90020	89937
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	2,022	2,177	2,167	2,256	2,539	2,186	2,259	2,331	2,111	2,327	2,237
Desvio absoluto médio (MAD)	1,297	1,325	1,344	1,380	1,423	1,335	1,370	1,384	1,325	1,411	1,359
Percentagem de atrasos	0,234	0,233	0,266	0,227	0,206	0,226	0,256	0,229	0,252	0,259	0,239
Percentagem de ordens rejeitadas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na <i>shop</i></b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,172	0,176	0,173	0,169	0,165	0,171	0,177	0,170	0,167	0,174	0,171
(2) Tempo médio de processamento	0,652	0,656	0,660	0,654	0,652	0,655	0,658	0,653	0,656	0,654	0,655
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	2,348	2,395	2,536	2,352	2,328	2,361	2,500	2,389	2,456	2,505	2,417
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	3,000	3,050	3,195	3,006	2,980	3,015	3,158	3,042	3,112	3,159	3,072
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	3,172	3,226	3,368	3,175	3,145	3,186	3,335	3,212	3,280	3,333	3,243
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	1,665	1,646	1,642	1,687	1,685	1,659	1,647	1,677	1,646	1,674	1,663
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	4,836	4,872	5,011	4,862	4,830	4,845	4,982	4,889	4,926	5,006	4,906
Percentagem média de utilização	0,872	0,877	0,879	0,868	0,868	0,872	0,876	0,868	0,872	0,873	0,872
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 21. Combinação de factores AT-MIL-EDD e  $k_{TWK} = 4,6$

AT-MIL-EDD $k_{TWK} = 12,9$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,869	0,875	0,876	0,870	0,871	0,866	0,877	0,880	0,860	0,877	0,872
Maq2. Utilization	0,876	0,875	0,870	0,872	0,874	0,867	0,874	0,874	0,871	0,874	0,873
Maq3. Utilization	0,870	0,873	0,870	0,869	0,876	0,875	0,879	0,878	0,868	0,877	0,873
Maq4. Utilization	0,876	0,873	0,877	0,872	0,871	0,874	0,867	0,882	0,870	0,873	0,873
Maq5. Utilization	0,869	0,872	0,865	0,866	0,874	0,872	0,876	0,882	0,868	0,871	0,872
Maq6. Utilization	0,867	0,874	0,870	0,876	0,875	0,873	0,868	0,879	0,862	0,875	0,872
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	8325	8789	8641	8493	8841	8575	8927	9424	8721	9167	8790
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	3633	4255	4208	4723	5251	3919	4260	4352	4157	4061	4282
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	77750	77216	77172	76523	75853	77721	76783	76132	77132	76482	76876
Número de ordens rejeitadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de ordens chegadas	89794	90304	90053	89783	90002	90284	90022	89973	90070	89748	90003
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,993	1,906	2,042	1,975	2,205	1,872	1,862	1,841	1,923	1,626	1,925
Desvio absoluto médio (MAD)	2,861	2,829	2,803	2,881	2,825	2,833	2,797	2,727	2,876	2,772	2,820
Percentagem de atrasos	0,040	0,047	0,047	0,053	0,058	0,043	0,047	0,048	0,046	0,045	0,048
Percentagem de ordens rejeitadas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na <i>shop</i></b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	3,001	2,970	2,961	2,992	2,986	2,965	2,985	3,027	2,943	3,013	2,984
(2) Tempo médio de processamento	0,655	0,653	0,653	0,655	0,656	0,652	0,655	0,660	0,650	0,658	0,655
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	2,598	2,652	2,703	2,632	2,744	2,619	2,688	2,779	2,590	2,688	2,669
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	3,254	3,305	3,356	3,287	3,399	3,271	3,343	3,439	3,240	3,346	3,324
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	6,255	6,275	6,317	6,278	6,385	6,235	6,328	6,466	6,183	6,359	6,308
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	3,208	3,202	3,159	3,257	3,197	3,194	3,174	3,115	3,253	3,165	3,192
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	9,462	9,477	9,476	9,535	9,582	9,429	9,502	9,581	9,435	9,524	9,500
Percentagem média de utilização	0,871	0,873	0,871	0,871	0,873	0,871	0,873	0,879	0,867	0,874	0,873
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 22. Combinação de factores AT-MIL-EDD e  $k_{TWK} = 12,9$

AT-MIL-EDD $k_{TWK} = 38$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 Média	
Maq1. Utilization	0,873	0,876	0,875	0,880	0,876	0,866	0,883	0,863	0,885	0,888	0,877
Maq2. Utilization	0,866	0,874	0,876	0,878	0,873	0,876	0,889	0,870	0,875	0,883	0,876
Maq3. Utilization	0,872	0,873	0,875	0,881	0,881	0,869	0,888	0,869	0,877	0,881	0,877
Maq4. Utilization	0,870	0,881	0,876	0,879	0,871	0,877	0,890	0,868	0,874	0,882	0,877
Maq5. Utilization	0,867	0,879	0,880	0,874	0,879	0,874	0,888	0,867	0,885	0,881	0,877
Maq6. Utilization	0,864	0,872	0,878	0,876	0,876	0,874	0,886	0,861	0,879	0,884	0,875
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	3324	3758	4073	4191	4177	3238	4377	3094	3988	4048	3827
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	1799	2752	1856	2800	2506	2407	3461	1424	3636	3086	2573
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	85100	83813	84215	83016	83423	84260	82827	84902	82851	83046	83745
Número de ordens rejeitadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de ordens chegadas	90409	90495	90287	90168	90282	90080	90798	89567	90635	90323	90304
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,810	2,373	1,618	1,794	1,834	3,798	2,072	1,792	2,404	1,840	2,133
Desvio absoluto médio (MAD)	4,277	4,165	4,123	4,113	4,113	4,298	3,943	4,306	4,123	4,035	4,149
Percentagem de atrasos	0,020	0,030	0,021	0,031	0,028	0,027	0,038	0,016	0,040	0,034	0,029
Percentagem de ordens rejeitadas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	17,193	17,282	17,387	17,409	17,324	17,367	17,437	17,348	17,294	17,458	17,350
(2) Tempo médio de processamento	0,650	0,655	0,656	0,659	0,656	0,655	0,661	0,654	0,656	0,661	0,656
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	3,124	3,397	3,322	3,432	3,427	3,256	3,698	3,078	3,519	3,565	3,382
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	3,773	4,052	3,978	4,090	4,083	3,911	4,359	3,732	4,175	4,226	4,038
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	20,966	21,334	21,365	21,499	21,407	21,278	21,796	21,080	21,469	21,684	21,388
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	4,496	4,410	4,377	4,399	4,387	4,477	4,230	4,505	4,396	4,314	4,399
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	25,462	25,744	25,742	25,898	25,794	25,755	26,025	25,585	25,865	25,997	25,787
Percentagem média de utilização	0,869	0,876	0,877	0,878	0,876	0,873	0,887	0,866	0,879	0,883	0,876
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 23. Combinação de factores AT-MIL-EDD e  $k_{TWK} = 38$

AT-MIL-EDD $k_{TWK} = 77,7$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,876	0,874	0,867	0,879	0,874	0,878	0,875	0,864	0,876	0,884	0,874
Maq2. Utilization	0,874	0,866	0,869	0,877	0,872	0,883	0,877	0,862	0,876	0,879	0,874
Maq3. Utilization	0,874	0,874	0,868	0,882	0,880	0,882	0,877	0,866	0,877	0,875	0,875
Maq4. Utilization	0,873	0,871	0,868	0,867	0,876	0,879	0,881	0,867	0,880	0,880	0,874
Maq5. Utilization	0,872	0,875	0,867	0,875	0,873	0,876	0,882	0,862	0,881	0,880	0,874
Maq6. Utilization	0,868	0,877	0,871	0,877	0,873	0,880	0,875	0,868	0,878	0,878	0,875
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	1794	2160	2243	2515	2719	2563	2465	2110	2698	2291	2356
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	1270	2102	1469	2936	2811	2000	2052	1182	2827	3442	2209
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	87177	85832	85898	84720	84516	85828	86440	86456	84569	84578	85601
Número de ordens rejeitadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de ordens chegadas	90607	90457	89982	90571	90495	90753	91311	90134	90468	90637	90542
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	4,300	2,277	1,794	2,999	2,770	1,786	2,067	1,735	2,428	2,761	2,492
Desvio absoluto médio (MAD)	4,811	4,730	4,729	4,730	4,675	4,598	4,691	4,846	4,625	4,662	4,710
Percentagem de atrasos	0,014	0,023	0,016	0,033	0,031	0,022	0,023	0,013	0,031	0,038	0,024
Percentagem de ordens rejeitadas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	42,415	42,479	42,538	42,573	42,555	42,613	42,222	42,322	42,698	42,636	42,505
(2) Tempo médio de processamento	0,653	0,654	0,654	0,656	0,655	0,657	0,651	0,651	0,658	0,657	0,655
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	3,451	3,534	3,440	3,679	3,687	3,718	3,595	3,259	3,761	3,793	3,592
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	4,104	4,188	4,094	4,334	4,343	4,375	4,246	3,910	4,419	4,450	4,246
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	46,519	46,667	46,632	46,907	46,898	46,988	46,468	46,232	47,117	47,086	46,751
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	4,917	4,909	4,903	4,930	4,888	4,801	4,887	5,007	4,846	4,866	4,895
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	51,436	51,576	51,535	51,837	51,786	51,789	51,354	51,238	51,963	51,951	51,647
Percentagem média de utilização	0,873	0,873	0,868	0,876	0,875	0,880	0,877	0,865	0,878	0,879	0,874
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 24. Combinação de factores AT-MIL-EDD e  $k_{TWK} = 77,7$

AT-CIOP-FCFS $k_{TWK} = 4,6$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,844	0,857	0,850	0,851	0,842	0,851	0,843	0,850	0,847	0,854	0,849
Maq2. Utilization	0,852	0,853	0,854	0,851	0,850	0,845	0,849	0,851	0,848	0,858	0,851
Maq3. Utilization	0,848	0,855	0,850	0,851	0,845	0,848	0,848	0,858	0,850	0,853	0,851
Maq4. Utilization	0,845	0,858	0,854	0,846	0,849	0,850	0,850	0,850	0,851	0,856	0,851
Maq5. Utilization	0,845	0,858	0,854	0,855	0,848	0,854	0,843	0,862	0,857	0,850	0,853
Maq6. Utilization	0,843	0,858	0,854	0,852	0,846	0,852	0,844	0,851	0,851	0,859	0,851
Número de ordens lançadas devido a chegada da DMT	72779	73034	72727	72954	72638	73133	72978	72468	73217	72926	72885
Número de ordens retiradas da fila devido a DMT	1135	1162	1089	1134	1056	1230	1102	1115	1139	1216	1138
Número de ordens que tem de esperar	5925	6418	6154	5914	5681	6189	5796	6100	5912	6389	6048
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	19049	18517	18876	18925	18833	19003	18781	18841	18801	18688	18831
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	30626	33825	32213	31762	31410	31949	31301	31317	31820	33144	31937
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	40123	38025	38861	39410	39428	39444	39802	39629	39507	38346	39258
Número de ordens rejeitadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de ordens chegadas	89840	90390	89989	90144	89690	90423	89903	89817	90168	90199	90056
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	2,436	2,636	2,499	2,465	2,412	2,511	2,472	2,446	2,489	2,596	2,496
Desvio absoluto médio (MAD)	2,112	2,200	2,144	2,134	2,112	2,127	2,124	2,128	2,131	2,178	2,139
Percentagem de atrasos	0,341	0,374	0,358	0,353	0,350	0,353	0,348	0,349	0,353	0,368	0,355
Percentagem de ordens rejeitadas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na <i>shop</i></b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,158	0,168	0,156	0,154	0,145	0,166	0,164	0,159	0,160	0,162	0,159
(2) Tempo médio de processamento	0,636	0,640	0,640	0,638	0,637	0,635	0,635	0,642	0,637	0,640	0,638
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	2,200	2,424	2,311	2,262	2,246	2,284	2,240	2,246	2,276	2,392	2,288
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	2,836	3,064	2,951	2,900	2,883	2,919	2,875	2,888	2,913	3,031	2,926
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	2,994	3,232	3,106	3,054	3,028	3,085	3,039	3,047	3,073	3,193	3,085
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	2,867	2,884	2,890	2,892	2,882	2,840	2,852	2,887	2,858	2,878	2,873
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	5,861	6,117	5,997	5,946	5,911	5,925	5,890	5,934	5,930	6,071	5,958
Percentagem média de utilização	0,846	0,857	0,853	0,851	0,847	0,850	0,846	0,854	0,851	0,855	0,851
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 25. Combinação de factores AT-CIOP-FCFS e  $k_{TWK} = 4,6$

AT-CIOP-FCFS $k_{TWK} = 12,9$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,839	0,838	0,835	0,827	0,834	0,829	0,825	0,835	0,832	0,829	0,832
Maq2. Utilization	0,839	0,837	0,833	0,830	0,834	0,831	0,830	0,833	0,835	0,832	0,833
Maq3. Utilization	0,840	0,840	0,829	0,827	0,834	0,827	0,831	0,833	0,836	0,832	0,833
Maq4. Utilization	0,839	0,840	0,834	0,827	0,836	0,827	0,832	0,833	0,833	0,828	0,833
Maq5. Utilization	0,833	0,840	0,837	0,825	0,834	0,833	0,829	0,832	0,834	0,831	0,833
Maq6. Utilization	0,836	0,836	0,833	0,831	0,835	0,832	0,829	0,830	0,835	0,834	0,833
Número de ordens lançadas devido a chegada da DMT	60108	60084	59670	59615	60049	60217	59963	59960	59736	59601	59900
Número de ordens retiradas da fila devido a DMT	167	148	145	162	168	172	159	170	178	156	163
Número de ordens que tem de esperar	11375	11801	11114	10829	11061	11048	10940	11087	11073	11188	11152
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	9891	9856	9703	9505	9657	9613	9746	9768	9762	9575	9708
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	12016	12687	12311	11713	11995	11738	11793	12422	12074	12051	12080
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	68599	67987	67844	68481	68478	68925	68535	67860	68329	68313	68335
Número de ordens rejeitadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de ordens chegadas	90531	90560	89867	89729	90153	90309	90088	90098	90176	89966	90148
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	2,687	2,904	2,767	2,797	2,737	2,825	2,789	2,883	2,763	2,974	2,812
Desvio absoluto médio (MAD)	6,428	6,429	6,469	6,461	6,441	6,430	6,438	6,448	6,460	6,459	6,446
Percentagem de atrasos	0,133	0,140	0,137	0,131	0,133	0,130	0,131	0,138	0,134	0,134	0,134
Percentagem de ordens rejeitadas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,374	0,405	0,379	0,383	0,378	0,386	0,387	0,394	0,383	0,419	0,389
(2) Tempo médio de processamento	0,625	0,625	0,626	0,623	0,625	0,620	0,622	0,624	0,625	0,624	0,624
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	1,833	1,911	1,858	1,796	1,840	1,797	1,796	1,872	1,823	1,834	1,836
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	2,458	2,536	2,484	2,419	2,465	2,418	2,418	2,496	2,448	2,458	2,460
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	2,832	2,941	2,863	2,802	2,844	2,803	2,805	2,890	2,831	2,876	2,849
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	8,011	8,019	8,066	7,985	7,998	7,940	7,981	8,029	8,036	7,979	8,004
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	10,843	10,960	10,928	10,787	10,842	10,744	10,786	10,919	10,867	10,855	10,853
Percentagem média de utilização	0,837	0,839	0,834	0,828	0,835	0,830	0,830	0,833	0,834	0,831	0,833
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 26. Combinação de factores AT-CIOP-FCFS e  $k_{TWK} = 12,9$

AT-CIOP-FCFS k <sub>TWK</sub> = 38											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,836	0,844	0,831	0,832	0,838	0,830	0,832	0,842	0,833	0,845	0,836
Maq2. Utilization	0,837	0,838	0,830	0,831	0,836	0,833	0,832	0,841	0,840	0,851	0,837
Maq3. Utilization	0,840	0,840	0,832	0,832	0,840	0,833	0,833	0,846	0,833	0,841	0,837
Maq4. Utilization	0,838	0,842	0,834	0,837	0,840	0,837	0,834	0,843	0,834	0,844	0,838
Maq5. Utilization	0,835	0,848	0,832	0,835	0,838	0,832	0,835	0,840	0,829	0,839	0,836
Maq6. Utilization	0,833	0,841	0,831	0,839	0,846	0,833	0,830	0,845	0,833	0,847	0,838
Número de ordens lançadas devido a chegada da DMT	74287	73818	73913	73629	74150	73981	74071	74483	73876	74253	74046
Número de ordens retiradas da fila devido a DMT	98	91	66	94	116	95	94	76	89	108	93
Número de ordens que tem de esperar	5829	5975	5524	5805	6038	5855	5763	6115	5935	6182	5902
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	3705	3725	3717	3660	3713	3640	3608	3701	3688	3670	3683
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	4399	4719	4384	4522	4670	4467	4767	4931	4604	4823	4629
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	81888	81309	81486	81322	81663	81609	81401	81703	81348	81632	81536
Número de ordens rejeitadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de ordens chegadas	90015	89766	89622	89518	90070	89747	89786	90352	89661	90144	89868
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	2,377	2,432	2,526	2,423	2,497	2,363	2,622	2,621	2,577	2,552	2,499
Desvio absoluto médio (MAD)	21,694	21,827	21,665	21,729	21,671	21,644	21,606	21,675	21,631	21,748	21,689
Percentagem de atrasos	0,049	0,053	0,049	0,051	0,052	0,050	0,053	0,055	0,051	0,054	0,052
Percentagem de ordens rejeitadas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,233	0,231	0,240	0,240	0,254	0,242	0,268	0,248	0,259	0,238	0,245
(2) Tempo médio de processamento	0,628	0,634	0,627	0,629	0,629	0,627	0,626	0,630	0,628	0,633	0,629
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	2,009	2,128	2,010	2,046	2,102	2,022	2,059	2,150	2,085	2,172	2,078
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	2,636	2,761	2,636	2,675	2,731	2,649	2,686	2,780	2,713	2,804	2,707
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	2,870	2,993	2,877	2,915	2,985	2,891	2,953	3,028	2,972	3,042	2,953
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	23,712	23,952	23,682	23,780	23,752	23,664	23,675	23,806	23,690	23,860	23,757
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	26,582	26,945	26,559	26,695	26,737	26,555	26,628	26,834	26,662	26,902	26,710
Percentagem média de utilização	0,837	0,842	0,832	0,835	0,840	0,833	0,833	0,843	0,834	0,845	0,837
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 27. Combinação de factores AT-CIOP-FCFS e k<sub>TWK</sub> = 38

AT-CIOP-FCFS $k_{TWK} = 77,7$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,842	0,848	0,838	0,832	0,839	0,839	0,837	0,842	0,848	0,840	0,841
Maq2. Utilization	0,848	0,845	0,837	0,842	0,837	0,839	0,839	0,843	0,840	0,835	0,841
Maq3. Utilization	0,841	0,847	0,839	0,840	0,839	0,840	0,831	0,845	0,844	0,845	0,841
Maq4. Utilization	0,841	0,847	0,839	0,842	0,841	0,842	0,840	0,843	0,842	0,838	0,841
Maq5. Utilization	0,842	0,847	0,838	0,835	0,835	0,846	0,838	0,843	0,844	0,833	0,840
Maq6. Utilization	0,838	0,848	0,834	0,842	0,832	0,841	0,836	0,840	0,843	0,839	0,839
Número de ordens lançadas devido a chegada da DMT	74306	73797	73276	73444	73820	74209	73980	73649	73695	73610	73779
Número de ordens retiradas da fila devido a DMT	32	35	31	25	29	44	36	32	42	32	34
Número de ordens que tem de esperar	6108	6406	5986	6122	6115	6287	6205	6422	6432	5951	6203
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	1859	1845	1871	1820	1878	1828	1884	1873	1836	1801	1850
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	2317	2475	2293	2304	2157	2277	2343	2436	2533	2351	2349
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	86389	85827	85373	85614	85874	86410	85899	85835	85818	85571	85861
Número de ordens rejeitadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de ordens chegadas	90590	90171	89574	89762	89936	90530	90156	90179	90203	89749	90085
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	2,119	2,342	2,229	2,268	2,213	2,496	2,411	2,174	2,405	2,238	2,289
Desvio absoluto médio (MAD)	46,389	46,782	46,689	46,658	46,477	46,335	46,311	46,612	46,584	46,586	46,542
Percentagem de atrasos	0,026	0,027	0,026	0,026	0,024	0,025	0,026	0,027	0,028	0,026	0,026
Percentagem de ordens rejeitadas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,245	0,264	0,249	0,263	0,252	0,280	0,266	0,258	0,261	0,255	0,259
(2) Tempo médio de processamento	0,627	0,634	0,631	0,631	0,629	0,627	0,627	0,631	0,631	0,630	0,630
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	2,079	2,193	2,089	2,080	2,064	2,121	2,098	2,115	2,182	2,116	2,114
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	2,706	2,827	2,720	2,711	2,692	2,748	2,725	2,746	2,813	2,747	2,744
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	2,951	3,092	2,969	2,974	2,944	3,028	2,991	3,004	3,074	3,001	3,003
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	48,574	49,068	48,906	48,844	48,605	48,470	48,524	48,890	48,885	48,785	48,755
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	51,525	52,160	51,875	51,818	51,549	51,498	51,515	51,894	51,959	51,786	51,758
Percentagem média de utilização	0,842	0,847	0,837	0,839	0,837	0,841	0,837	0,843	0,843	0,838	0,840
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 28. Combinação de factores AT-CIOP-FCFS e  $k_{TWK} = 77,7$

AT-CIOP-EDD $k_{TWK} = 4,6$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,769	0,760	0,760	0,765	0,767	0,765	0,770	0,762	0,763	0,763	0,764
Maq2. Utilization	0,763	0,764	0,766	0,764	0,764	0,761	0,768	0,760	0,774	0,765	0,765
Maq3. Utilization	0,762	0,758	0,763	0,764	0,766	0,767	0,773	0,765	0,765	0,764	0,765
Maq4. Utilization	0,763	0,764	0,765	0,762	0,771	0,766	0,773	0,767	0,766	0,766	0,766
Maq5. Utilization	0,764	0,769	0,767	0,765	0,767	0,765	0,774	0,765	0,766	0,765	0,767
Maq6. Utilization	0,765	0,770	0,767	0,769	0,769	0,759	0,770	0,762	0,768	0,769	0,767
Número de ordens lançadas devido a chegada da DMT	88017	87945	87366	87148	88041	87266	88069	87173	87797	87373	87620
Número de ordens retiradas da fila devido a DMT	99	115	130	122	128	130	137	135	118	116	123
Número de ordens que tem de esperar	307	346	364	398	399	369	427	353	375	387	373
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	18425	18284	18569	18416	18496	18175	18956	18179	18610	18479	18459
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	1740	1626	1899	1723	1629	1638	1858	1777	1623	1647	1716
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	70074	70285	69180	69327	70173	69803	69607	69516	69798	69570	69733
Número de ordens rejeitadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de ordens chegadas	90248	90202	89658	89487	90318	89632	90431	89481	90052	89709	89922
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,666	1,705	1,769	1,887	1,754	1,730	1,554	1,639	1,916	1,798	1,742
Desvio absoluto médio (MAD)	1,691	1,683	1,686	1,689	1,674	1,698	1,661	1,701	1,682	1,682	1,685
Percentagem de atrasos	0,019	0,018	0,021	0,019	0,018	0,018	0,021	0,020	0,018	0,018	0,019
Percentagem de ordens rejeitadas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na <i>shop</i></b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,017	0,019	0,023	0,024	0,021	0,020	0,018	0,019	0,024	0,022	0,021
(2) Tempo médio de processamento	0,572	0,572	0,576	0,577	0,574	0,575	0,576	0,576	0,575	0,576	0,575
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	0,937	0,942	0,959	0,958	0,955	0,941	0,976	0,943	0,953	0,956	0,952
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	1,508	1,513	1,535	1,534	1,528	1,517	1,552	1,518	1,529	1,532	1,527
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	1,526	1,532	1,558	1,559	1,549	1,537	1,571	1,537	1,553	1,554	1,548
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	2,137	2,121	2,137	2,132	2,114	2,139	2,116	2,148	2,125	2,126	2,129
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	3,662	3,653	3,695	3,691	3,663	3,676	3,686	3,685	3,678	3,681	3,677
Percentagem média de utilização	0,764	0,764	0,765	0,765	0,767	0,764	0,771	0,763	0,767	0,765	0,766
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 29. Combinação de factores AT-CIOP-EDD e  $k_{TWK} = 4,6$

AT-CIOP-EDD $k_{TWK} = 12,9$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 Média	
Maq1. Utilization	0,774	0,765	0,769	0,777	0,767	0,768	0,770	0,770	0,773	0,772	0,771
Maq2. Utilization	0,773	0,760	0,760	0,777	0,766	0,764	0,772	0,762	0,770	0,780	0,768
Maq3. Utilization	0,774	0,760	0,765	0,774	0,765	0,764	0,768	0,768	0,767	0,774	0,768
Maq4. Utilization	0,769	0,761	0,765	0,777	0,769	0,764	0,769	0,770	0,772	0,773	0,769
Maq5. Utilization	0,771	0,766	0,763	0,779	0,768	0,765	0,772	0,768	0,769	0,773	0,769
Maq6. Utilization	0,775	0,763	0,763	0,779	0,771	0,762	0,773	0,771	0,765	0,775	0,770
Número de ordens lançadas devido a chegada da DMT	90230	89683	89801	89924	89872	90148	89736	89625	89263	89871	89815
Número de ordens retiradas da fila devido a DMT	36	30	27	31	29	24	31	34	23	36	30
Número de ordens que tem de esperar	82	67	72	88	71	64	77	89	60	91	76
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	5982	5888	5990	5988	5815	5720	5894	5909	5920	5955	5906
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	387	386	394	376	365	369	424	397	406	429	393
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	84294	83805	83825	83954	84086	84449	83850	83741	83363	83927	83929
Número de ordens rejeitadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de ordens chegadas	90679	90097	90220	90336	90284	90552	90183	90066	89697	90324	90244
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,090	1,073	1,254	1,069	1,112	1,306	1,191	1,302	1,101	1,096	1,159
Desvio absoluto médio (MAD)	6,375	6,379	6,385	6,425	6,384	6,369	6,417	6,401	6,447	6,411	6,399
Percentagem de atrasos	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,005	0,004	0,005	0,005	0,004
Percentagem de ordens rejeitadas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na <i>shop</i></b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,002	0,002	0,003	0,003	0,002	0,003	0,003	0,005	0,002	0,003	0,003
(2) Tempo médio de processamento	0,575	0,571	0,572	0,581	0,574	0,570	0,577	0,576	0,579	0,579	0,575
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	0,970	0,921	0,920	0,980	0,945	0,917	0,948	0,951	0,943	0,978	0,947
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	1,546	1,492	1,492	1,561	1,519	1,487	1,525	1,527	1,522	1,557	1,523
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	1,548	1,494	1,495	1,564	1,521	1,490	1,528	1,532	1,524	1,560	1,526
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	6,852	6,852	6,866	6,908	6,848	6,823	6,895	6,877	6,931	6,893	6,874
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	8,400	8,346	8,361	8,471	8,369	8,313	8,423	8,409	8,455	8,453	8,400
Percentagem média de utilização	0,773	0,762	0,764	0,777	0,768	0,765	0,771	0,768	0,769	0,774	0,769
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 30. Combinação de factores AT-CIOP-EDD e  $k_{TWK} = 12,9$

AT-CIOP-EDD $k_{TWK} = 38$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,770	0,765	0,766	0,763	0,768	0,769	0,769	0,774	0,773	0,769	0,768
Maq2. Utilization	0,767	0,771	0,763	0,768	0,765	0,776	0,772	0,769	0,772	0,767	0,769
Maq3. Utilization	0,769	0,768	0,756	0,763	0,769	0,772	0,764	0,770	0,770	0,766	0,767
Maq4. Utilization	0,773	0,770	0,763	0,769	0,770	0,773	0,768	0,772	0,774	0,776	0,771
Maq5. Utilization	0,763	0,768	0,761	0,768	0,772	0,777	0,767	0,769	0,773	0,769	0,769
Maq6. Utilization	0,770	0,767	0,760	0,765	0,767	0,770	0,762	0,766	0,773	0,768	0,767
Número de ordens lançadas devido a chegada da DMT	88788	88009	87791	87862	88351	88511	88016	88708	88477	88069	88258
Número de ordens retiradas da fila devido a DMT	42	43	32	42	38	34	33	36	45	39	38
Número de ordens que tem de esperar	352	347	311	334	308	374	315	324	348	331	334
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	2005	2011	1952	2057	2051	2030	1968	1984	1987	1978	2002
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	151	131	140	157	146	128	146	128	111	137	138
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	88327	87607	87418	87383	87828	88074	87621	88281	88088	87649	87828
Número de ordens rejeitadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de ordens chegadas	90493	89752	89520	89612	90032	90244	89748	90403	90203	89774	89978
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	2,411	1,832	1,679	2,280	2,514	2,477	1,726	1,813	2,018	2,591	2,134
Desvio absoluto médio (MAD)	20,759	20,902	20,809	20,896	20,850	20,902	20,888	20,815	20,917	20,934	20,867
Percentagem de atrasos	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002
Percentagem de ordens rejeitadas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na <i>shop</i></b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,024	0,023	0,022	0,024	0,023	0,027	0,021	0,022	0,023	0,023	0,023
(2) Tempo médio de processamento	0,573	0,578	0,574	0,577	0,576	0,578	0,577	0,575	0,578	0,578	0,577
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	0,926	0,944	0,905	0,927	0,932	0,950	0,925	0,928	0,933	0,934	0,930
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	1,499	1,522	1,479	1,504	1,508	1,528	1,502	1,503	1,511	1,512	1,507
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	1,523	1,545	1,501	1,528	1,530	1,555	1,523	1,525	1,534	1,535	1,530
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	21,261	21,409	21,304	21,421	21,367	21,410	21,389	21,310	21,412	21,435	21,372
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	22,784	22,954	22,805	22,949	22,897	22,965	22,912	22,835	22,946	22,970	22,902
Percentagem média de utilização	0,769	0,768	0,761	0,766	0,768	0,773	0,767	0,770	0,772	0,769	0,768
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 31. Combinação de factores AT-CIOP-EDD e  $k_{TWK} = 38$

AT-CIOP-EDD $k_{TWK} = 77,7$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 Média	
Maq1. Utilization	0,770	0,770	0,763	0,762	0,767	0,770	0,761	0,768	0,760	0,779	0,767
Maq2. Utilization	0,771	0,764	0,760	0,766	0,768	0,767	0,765	0,771	0,767	0,771	0,767
Maq3. Utilization	0,769	0,762	0,766	0,763	0,770	0,762	0,764	0,775	0,763	0,775	0,767
Maq4. Utilization	0,772	0,762	0,764	0,762	0,766	0,767	0,760	0,773	0,766	0,777	0,767
Maq5. Utilization	0,763	0,771	0,758	0,762	0,764	0,770	0,767	0,768	0,761	0,778	0,766
Maq6. Utilization	0,767	0,762	0,764	0,765	0,769	0,772	0,764	0,772	0,761	0,779	0,768
Número de ordens lançadas devido a chegada da DMT	84105	84186	83928	83732	84467	84260	84063	83939	83933	84421	84103
Número de ordens retiradas da fila devido a DMT	35	30	32	35	23	28	26	33	33	29	30
Número de ordens que tem de esperar	1240	1190	1223	1211	1114	1218	1082	1202	1169	1268	1192
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	998	974	925	967	988	983	985	948	985	1002	976
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	76	72	73	90	84	88	77	54	63	74	75
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	89086	89052	88910	88545	89280	89201	88949	88963	88841	89488	89032
Número de ordens rejeitadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de ordens chegadas	90169	90112	89922	89614	90365	90284	90021	89974	89901	90574	90094
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	2,132	3,264	3,479	3,722	3,762	5,080	2,325	2,093	6,238	2,270	3,436
Desvio absoluto médio (MAD)	43,641	43,482	43,390	43,634	43,481	43,547	43,441	43,877	43,460	43,867	43,582
Percentagem de atrasos	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Percentagem de ordens rejeitadas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,084	0,082	0,086	0,101	0,086	0,098	0,084	0,080	0,089	0,087	0,088
(2) Tempo médio de processamento	0,576	0,573	0,572	0,575	0,573	0,574	0,573	0,579	0,573	0,579	0,575
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	0,908	0,890	0,902	0,887	0,888	0,893	0,868	0,907	0,887	0,923	0,895
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	1,483	1,464	1,474	1,462	1,462	1,468	1,441	1,486	1,460	1,502	1,470
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	1,567	1,546	1,560	1,563	1,547	1,566	1,525	1,565	1,548	1,589	1,558
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	44,165	43,989	43,874	44,150	43,999	44,065	43,957	44,369	43,967	44,392	44,093
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	45,732	45,535	45,434	45,713	45,546	45,631	45,482	45,934	45,515	45,981	45,650
Percentagem média de utilização	0,769	0,765	0,762	0,764	0,767	0,768	0,763	0,771	0,763	0,776	0,767
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 32. Combinação de factores AT-CIOP-EDD e  $k_{TWK} = 77,7$

TAF-IMR-FCFS $k_{TWK} = 4,6$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,746	0,740	0,738	0,743	0,738	0,733	0,742	0,735	0,741	0,733	0,739
Maq2. Utilization	0,735	0,734	0,743	0,737	0,737	0,735	0,737	0,738	0,736	0,738	0,737
Maq3. Utilization	0,743	0,739	0,737	0,737	0,740	0,732	0,736	0,736	0,737	0,738	0,737
Maq4. Utilization	0,741	0,735	0,739	0,740	0,741	0,731	0,738	0,738	0,734	0,739	0,737
Maq5. Utilization	0,740	0,739	0,737	0,744	0,744	0,733	0,733	0,736	0,734	0,740	0,738
Maq6. Utilization	0,735	0,734	0,741	0,738	0,731	0,737	0,747	0,739	0,731	0,739	0,737
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	20027	20170	19836	20028	19917	19728	19829	20058	19711	19627	19893
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	14253	14187	14196	14074	14266	14011	14177	14173	13894	14116	14135
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	51611	51372	51252	51092	51235	51330	51413	51213	51597	51560	51368
Número de ordens rejeitadas	4651	4543	4773	4925	4696	4326	4802	4517	4337	4588	4616
Número de ordens chegadas	90554	90291	90080	90132	90134	89414	90235	89971	89552	89904	90027
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,414	1,417	1,424	1,423	1,419	1,416	1,424	1,419	1,422	1,416	1,420
Desvio absoluto médio (MAD)	1,829	1,829	1,844	1,839	1,839	1,834	1,836	1,831	1,846	1,841	1,837
Percentagem de atrasos	0,166	0,165	0,166	0,165	0,167	0,165	0,166	0,166	0,163	0,165	0,166
Percentagem de ordens rejeitadas	0,051	0,050	0,053	0,055	0,052	0,048	0,053	0,050	0,048	0,051	0,051
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na <i>shop</i></b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
(2) Tempo médio de processamento	0,582	0,580	0,585	0,586	0,584	0,582	0,584	0,582	0,583	0,584	0,583
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	1,253	1,245	1,255	1,258	1,252	1,246	1,257	1,251	1,231	1,245	1,249
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	1,835	1,825	1,840	1,844	1,835	1,828	1,841	1,834	1,813	1,829	1,832
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	1,835	1,825	1,840	1,844	1,835	1,828	1,841	1,834	1,813	1,829	1,832
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	2,653	2,661	2,674	2,675	2,671	2,653	2,658	2,662	2,665	2,658	2,663
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	4,488	4,486	4,514	4,519	4,506	4,480	4,499	4,495	4,479	4,487	4,495
Percentagem média de utilização	0,740	0,737	0,739	0,740	0,738	0,734	0,739	0,737	0,735	0,738	0,738
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 33. Combinação de factores TAF-IMR-FCFS e  $k_{TWK} = 4,6$

TAF-IMR-FCFS $k_{TWK} = 12,9$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1.Utilization	0,746	0,740	0,738	0,743	0,738	0,733	0,742	0,735	0,741	0,733	0,739
Maq2.Utilization	0,735	0,734	0,743	0,737	0,737	0,735	0,737	0,738	0,736	0,738	0,737
Maq3.Utilization	0,743	0,739	0,737	0,737	0,740	0,732	0,736	0,736	0,737	0,738	0,737
Maq4.Utilization	0,741	0,735	0,739	0,740	0,741	0,731	0,738	0,738	0,734	0,739	0,737
Maq5.Utilization	0,740	0,739	0,737	0,744	0,744	0,733	0,733	0,736	0,734	0,740	0,738
Maq6.Utilization	0,735	0,734	0,741	0,738	0,731	0,737	0,747	0,739	0,731	0,739	0,737
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	8725	8597	8565	8409	8575	8496	8524	8606	8519	8405	8542
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	5376	5379	5353	5314	5419	5307	5413	5314	5368	5433	5368
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	71790	71753	71366	71471	71424	71266	71482	71524	71315	71465	71486
Número de ordens rejeitadas	4651	4543	4773	4925	4696	4326	4802	4517	4337	4588	4616
Número de ordens chegadas	90554	90291	90080	90132	90134	89414	90235	89971	89552	89904	90027
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,400	1,397	1,391	1,406	1,410	1,384	1,393	1,407	1,396	1,392	1,398
Desvio absoluto médio (MAD)	6,337	6,324	6,372	6,382	6,360	6,346	6,361	6,342	6,370	6,366	6,356
Percentagem de atrasos	0,063	0,063	0,063	0,062	0,063	0,062	0,063	0,062	0,063	0,064	0,063
Percentagem de ordens rejeitadas	0,051	0,050	0,053	0,055	0,052	0,048	0,053	0,050	0,048	0,051	0,051
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na <i>shop</i></b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
(2) Tempo médio de processamento	0,582	0,580	0,585	0,586	0,584	0,582	0,584	0,582	0,583	0,584	0,583
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	1,253	1,245	1,255	1,258	1,252	1,246	1,257	1,251	1,231	1,245	1,249
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	1,835	1,825	1,840	1,844	1,835	1,828	1,841	1,834	1,813	1,829	1,832
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	1,835	1,825	1,840	1,844	1,835	1,828	1,841	1,834	1,813	1,829	1,832
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	7,477	7,451	7,511	7,502	7,500	7,472	7,496	7,472	7,505	7,493	7,488
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	9,311	9,276	9,351	9,346	9,335	9,300	9,337	9,306	9,319	9,322	9,320
Percentagem média de utilização	0,740	0,737	0,739	0,740	0,738	0,734	0,739	0,737	0,735	0,738	0,738
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 34. Combinação de factores TAF-IMR-FCFS e  $k_{TWK} = 12,9$

TAF-IMR-FCFS $k_{TWK} = 38$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 Média	
Maq1. Utilization	0,746	0,740	0,738	0,743	0,738	0,733	0,742	0,735	0,741	0,733	0,739
Maq2. Utilization	0,735	0,734	0,743	0,737	0,737	0,735	0,737	0,738	0,736	0,738	0,737
Maq3. Utilization	0,743	0,739	0,737	0,737	0,740	0,732	0,736	0,736	0,737	0,738	0,737
Maq4. Utilization	0,741	0,735	0,739	0,740	0,741	0,731	0,738	0,738	0,734	0,739	0,737
Maq5. Utilization	0,740	0,739	0,737	0,744	0,744	0,733	0,733	0,736	0,734	0,740	0,738
Maq6. Utilization	0,735	0,734	0,741	0,738	0,731	0,737	0,747	0,739	0,731	0,739	0,737
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	3164	3097	3135	3029	3127	3024	3149	3145	3082	3177	3113
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	1889	1907	1883	1869	1911	1882	1888	1809	1856	1881	1878
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	80838	80725	80266	80296	80380	80163	80382	80490	80264	80245	80405
Número de ordens rejeitadas	4651	4543	4773	4925	4696	4326	4802	4517	4337	4588	4616
Número de ordens chegadas	90554	90291	90080	90132	90134	89414	90235	89971	89552	89904	90027
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,392	1,380	1,384	1,385	1,404	1,404	1,392	1,393	1,405	1,398	1,394
Desvio absoluto médio (MAD)	20,809	20,758	20,931	20,969	20,882	20,836	20,895	20,831	20,869	20,893	20,868
Percentagem de atrasos	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,021	0,022	0,022	0,022
Percentagem de ordens rejeitadas	0,051	0,050	0,053	0,055	0,052	0,048	0,053	0,050	0,048	0,051	0,051
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na <i>shop</i></b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
(2) Tempo médio de processamento	0,582	0,580	0,585	0,586	0,584	0,582	0,584	0,582	0,583	0,584	0,583
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	1,253	1,245	1,255	1,258	1,252	1,246	1,257	1,251	1,231	1,245	1,249
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	1,835	1,825	1,840	1,844	1,835	1,828	1,841	1,834	1,813	1,829	1,832
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	1,835	1,825	1,840	1,844	1,835	1,828	1,841	1,834	1,813	1,829	1,832
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	22,077	22,012	22,206	22,215	22,157	22,078	22,171	22,082	22,120	22,177	22,130
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	23,912	23,837	24,046	24,059	23,992	23,906	24,012	23,916	23,933	24,006	23,962
Percentagem média de utilização	0,740	0,737	0,739	0,740	0,738	0,734	0,739	0,737	0,735	0,738	0,738
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 35. Combinação de factores TAF-IMR-FCFS e  $k_{TWK} = 38$

TAF-IMR-FCFS $k_{TWK} = 77,7$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,746	0,740	0,738	0,743	0,738	0,733	0,742	0,735	0,741	0,733	0,739
Maq2. Utilization	0,735	0,734	0,743	0,737	0,737	0,735	0,737	0,738	0,736	0,738	0,737
Maq3. Utilization	0,743	0,739	0,737	0,737	0,740	0,732	0,736	0,736	0,737	0,738	0,737
Maq4. Utilization	0,741	0,735	0,739	0,740	0,741	0,731	0,738	0,738	0,734	0,739	0,737
Maq5. Utilization	0,740	0,739	0,737	0,744	0,744	0,733	0,733	0,736	0,734	0,740	0,738
Maq6. Utilization	0,735	0,734	0,741	0,738	0,731	0,737	0,747	0,739	0,731	0,739	0,737
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	1544	1610	1630	1511	1540	1576	1542	1612	1566	1592	1572
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	945	939	919	926	924	954	967	828	945	929	928
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	83402	83180	82735	82757	82954	82539	82910	83004	82691	82782	82895
Número de ordens rejeitadas	4651	4543	4773	4925	4696	4326	4802	4517	4337	4588	4616
Número de ordens chegadas	90554	90291	90080	90132	90134	89414	90235	89971	89552	89904	90027
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,385	1,389	1,372	1,395	1,420	1,411	1,364	1,431	1,385	1,407	1,396
Desvio absoluto médio (MAD)	43,864	43,755	44,118	44,201	44,013	43,909	44,047	43,910	43,969	44,034	43,982
Porcentagem de atrasos	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,010	0,011	0,011	0,011
Porcentagem de ordens rejeitadas	0,051	0,050	0,053	0,055	0,052	0,048	0,053	0,050	0,048	0,051	0,051
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
(2) Tempo médio de processamento	0,582	0,580	0,585	0,586	0,584	0,582	0,584	0,582	0,583	0,584	0,583
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	1,253	1,245	1,255	1,258	1,252	1,246	1,257	1,251	1,231	1,245	1,249
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	1,835	1,825	1,840	1,844	1,835	1,828	1,841	1,834	1,813	1,829	1,832
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	1,835	1,825	1,840	1,844	1,835	1,828	1,841	1,834	1,813	1,829	1,832
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	45,157	45,080	45,462	45,487	45,304	45,239	45,364	45,186	45,287	45,359	45,293
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	46,992	46,905	47,302	47,331	47,139	47,067	47,205	47,020	47,100	47,188	47,125
Porcentagem média de utilização	0,740	0,737	0,739	0,740	0,738	0,734	0,739	0,737	0,735	0,738	0,738
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 36. Combinação de factores TAF-IMR-FCFS e  $k_{TWK} = 77,7$

TAF-IMR-EDD $k_{TWK} = 4,6$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,729	0,730	0,732	0,729	0,734	0,734	0,734	0,730	0,736	0,724	0,731
Maq2. Utilization	0,729	0,730	0,733	0,729	0,728	0,728	0,732	0,731	0,729	0,732	0,730
Maq3. Utilization	0,735	0,728	0,733	0,721	0,731	0,728	0,728	0,731	0,728	0,732	0,729
Maq4. Utilization	0,728	0,728	0,730	0,728	0,728	0,731	0,731	0,728	0,731	0,730	0,729
Maq5. Utilization	0,730	0,731	0,732	0,725	0,734	0,727	0,731	0,724	0,726	0,726	0,729
Maq6. Utilization	0,728	0,729	0,733	0,729	0,726	0,736	0,732	0,727	0,729	0,731	0,730
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	15426	15479	15027	15244	15293	15438	15147	15026	15223	15202	15251
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	1017	994	944	992	1009	1009	985	943	995	916	980
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	68887	68928	69201	68307	68926	68860	68834	68649	69249	68730	68857
Número de ordens rejeitadas	4790	4929	4682	4736	4785	4939	4772	4688	4728	4791	4784
Número de ordens chegadas	90134	90342	89859	89288	90028	90253	89748	89314	90204	89654	89882
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,047	1,032	1,056	1,044	1,043	1,054	1,041	1,046	1,044	1,057	1,046
Desvio absoluto médio (MAD)	1,850	1,844	1,862	1,862	1,854	1,851	1,865	1,864	1,845	1,861	1,856
Percentagem de atrasos	0,012	0,012	0,011	0,012	0,012	0,012	0,012	0,011	0,012	0,011	0,012
Percentagem de ordens rejeitadas	0,053	0,055	0,052	0,053	0,053	0,055	0,053	0,052	0,052	0,053	0,053
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na <i>shop</i></b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
(2) Tempo médio de processamento	0,577	0,576	0,580	0,580	0,578	0,578	0,581	0,581	0,576	0,580	0,579
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	0,772	0,773	0,769	0,771	0,768	0,775	0,770	0,769	0,770	0,770	0,771
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	1,350	1,350	1,350	1,351	1,346	1,353	1,350	1,350	1,347	1,350	1,350
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	1,350	1,350	1,350	1,351	1,346	1,353	1,350	1,350	1,347	1,350	1,350
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	2,276	2,269	2,278	2,289	2,278	2,277	2,287	2,284	2,262	2,284	2,278
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	3,626	3,619	3,627	3,641	3,623	3,630	3,637	3,633	3,609	3,634	3,628
Percentagem média de utilização	0,730	0,729	0,732	0,727	0,730	0,731	0,731	0,729	0,730	0,729	0,730
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 37. Combinação de factores TAF-IMR-EDD e  $k_{TWK} = 4,6$

TAF-IMR-EDD $k_{TWK} = 12,9$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,733	0,736	0,734	0,740	0,736	0,729	0,739	0,731	0,729	0,733	0,734
Maq2. Utilization	0,733	0,732	0,732	0,734	0,733	0,727	0,733	0,730	0,731	0,735	0,732
Maq3. Utilization	0,737	0,732	0,727	0,734	0,734	0,730	0,737	0,736	0,726	0,732	0,733
Maq4. Utilization	0,740	0,728	0,728	0,736	0,733	0,736	0,735	0,726	0,726	0,735	0,732
Maq5. Utilization	0,732	0,737	0,733	0,733	0,732	0,724	0,732	0,733	0,735	0,731	0,732
Maq6. Utilization	0,732	0,736	0,736	0,734	0,727	0,731	0,739	0,735	0,726	0,734	0,733
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	5033	5155	5050	5027	5025	5110	5080	5091	5141	5060	5077
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	319	273	282	331	310	297	267	284	332	290	299
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	79789	79991	79830	79891	79757	79512	80258	80019	79383	79652	79808
Número de ordens rejeitadas	4761	4581	4929	4973	4953	4838	4714	4695	4594	4614	4765
Número de ordens chegadas	89913	90008	90101	90229	90054	89768	90331	90095	89457	89625	89958
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,075	1,066	1,110	1,045	1,052	1,084	1,030	1,049	1,081	1,069	1,066
Desvio absoluto médio (MAD)	6,663	6,639	6,634	6,656	6,654	6,636	6,639	6,621	6,648	6,669	6,646
Percentagem de atrasos	0,004	0,003	0,003	0,004	0,004	0,003	0,003	0,003	0,004	0,003	0,004
Percentagem de ordens rejeitadas	0,053	0,051	0,055	0,055	0,055	0,054	0,052	0,052	0,051	0,051	0,053
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na <i>shop</i></b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
(2) Tempo médio de processamento	0,582	0,580	0,580	0,582	0,581	0,580	0,580	0,579	0,580	0,582	0,581
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	0,767	0,756	0,766	0,771	0,762	0,763	0,764	0,761	0,753	0,760	0,762
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	1,350	1,336	1,346	1,353	1,343	1,342	1,344	1,340	1,333	1,342	1,343
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	1,350	1,336	1,346	1,353	1,343	1,342	1,344	1,340	1,333	1,342	1,343
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	7,105	7,086	7,074	7,098	7,095	7,084	7,078	7,062	7,101	7,113	7,090
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	8,455	8,422	8,420	8,451	8,438	8,426	8,422	8,402	8,435	8,455	8,432
Percentagem média de utilização	0,735	0,733	0,732	0,735	0,733	0,729	0,736	0,732	0,729	0,733	0,733
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 38. Combinação de factores TAF-IMR-EDD e  $k_{TWK} = 12,9$

TAF-IMR-EDD $k_{TWK} = 38$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,737	0,732	0,739	0,731	0,732	0,729	0,738	0,732	0,734	0,734	0,734
Maq2. Utilization	0,733	0,730	0,734	0,734	0,733	0,735	0,732	0,730	0,729	0,738	0,733
Maq3. Utilization	0,731	0,733	0,729	0,737	0,729	0,734	0,731	0,728	0,730	0,739	0,732
Maq4. Utilization	0,735	0,730	0,734	0,729	0,729	0,736	0,732	0,732	0,726	0,735	0,732
Maq5. Utilization	0,732	0,738	0,729	0,734	0,730	0,734	0,735	0,736	0,729	0,731	0,733
Maq6. Utilization	0,730	0,734	0,732	0,741	0,732	0,735	0,734	0,733	0,728	0,740	0,734
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	1672	1743	1744	1700	1624	1757	1704	1791	1728	1781	1724
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	75	73	106	96	92	85	102	89	101	93	91
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	83573	83697	83483	83564	83532	83588	83472	83222	83288	83511	83493
Número de ordens rejeitadas	4552	4612	4560	4601	4666	4775	4793	4636	4665	4839	4670
Número de ordens chegadas	89879	90138	89904	89976	89925	90215	90083	89752	89793	90241	89991
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,040	1,123	1,066	1,021	1,011	1,047	1,029	1,067	1,079	1,054	1,054
Desvio absoluto médio (MAD)	21,177	21,124	21,167	21,200	21,131	21,162	21,211	21,193	21,127	21,243	21,173
Percentagem de atrasos	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Percentagem de ordens rejeitadas	0,051	0,051	0,051	0,051	0,052	0,053	0,053	0,052	0,052	0,054	0,052
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na <i>shop</i></b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
(2) Tempo médio de processamento	0,580	0,578	0,580	0,581	0,578	0,580	0,581	0,580	0,578	0,582	0,580
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	0,764	0,764	0,765	0,766	0,761	0,767	0,765	0,764	0,759	0,772	0,765
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	1,344	1,342	1,344	1,346	1,340	1,346	1,346	1,345	1,338	1,354	1,345
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	1,344	1,342	1,344	1,346	1,340	1,346	1,346	1,345	1,338	1,354	1,345
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	21,618	21,581	21,634	21,654	21,564	21,627	21,668	21,670	21,589	21,718	21,632
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	22,962	22,923	22,978	23,000	22,904	22,973	23,014	23,015	22,927	23,072	22,977
Percentagem média de utilização	0,733	0,733	0,733	0,734	0,731	0,734	0,734	0,732	0,729	0,736	0,733
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 39. Combinação de fatores TAF-IMR-EDD e  $k_{TWK} = 38$

<b>TAF-IMR-EDD <math>k_{TWK} = 77,7</math></b>											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1.Utilization	0,737	0,732	0,741	0,736	0,739	0,737	0,736	0,739	0,733	0,728	0,736
Maq2.Utilization	0,735	0,730	0,738	0,730	0,734	0,731	0,735	0,736	0,730	0,735	0,733
Maq3.Utilization	0,741	0,732	0,736	0,733	0,737	0,732	0,735	0,736	0,727	0,732	0,734
Maq4.Utilization	0,737	0,728	0,735	0,734	0,729	0,737	0,736	0,734	0,726	0,735	0,733
Maq5.Utilization	0,733	0,733	0,732	0,733	0,733	0,733	0,733	0,729	0,732	0,731	0,732
Maq6.Utilization	0,734	0,730	0,739	0,737	0,732	0,734	0,735	0,734	0,734	0,732	0,734
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	848	875	869	833	788	826	885	842	845	824	844
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	44	44	38	44	45	40	41	44	46	41	43
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	84502	84305	84643	84228	84374	84783	84227	84247	84170	83883	84336
Número de ordens rejeitadas	4792	4669	4618	4665	4566	4532	4735	4521	4617	4617	4633
Número de ordens chegadas	90193	89906	90182	89781	89784	90189	89901	89671	89690	89373	89867
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,068	1,023	1,079	1,068	1,067	1,025	1,024	1,068	1,022	1,098	1,054
Desvio absoluto médio (MAD)	44,341	44,117	44,308	44,347	44,293	44,090	44,372	44,378	44,172	44,445	44,286
Percentagem de atrasos	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001
Percentagem de ordens rejeitadas	0,053	0,052	0,051	0,052	0,051	0,050	0,053	0,050	0,051	0,052	0,052
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
(2) Tempo médio de processamento	0,582	0,579	0,581	0,582	0,581	0,579	0,582	0,582	0,580	0,583	0,581
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	0,772	0,760	0,768	0,769	0,769	0,762	0,769	0,770	0,763	0,764	0,767
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	1,354	1,339	1,349	1,351	1,350	1,341	1,351	1,352	1,343	1,348	1,348
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	1,354	1,339	1,349	1,351	1,350	1,341	1,351	1,352	1,343	1,348	1,348
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	44,808	44,597	44,782	44,807	44,729	44,539	44,859	44,843	44,639	44,902	44,751
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	46,162	45,936	46,131	46,158	46,079	45,880	46,210	46,195	45,982	46,250	46,098
Percentagem média de utilização	0,736	0,731	0,737	0,734	0,734	0,734	0,735	0,734	0,730	0,732	0,734

As medidas (1) a (7) estão expressa em dias

Quadro 40. Combinação de factores TAF-IMR-EDD e  $k_{TWK} = 77,7$

TAF-BIL-FCFS $k_{TWK} = 4,6$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,710	0,716	0,712	0,717	0,713	0,711	0,709	0,712	0,712	0,702	0,712
Maq2. Utilization	0,708	0,712	0,713	0,711	0,715	0,710	0,711	0,709	0,709	0,710	0,711
Maq3. Utilization	0,712	0,710	0,709	0,711	0,709	0,706	0,705	0,714	0,710	0,713	0,710
Maq4. Utilization	0,713	0,710	0,713	0,715	0,712	0,705	0,711	0,712	0,708	0,711	0,711
Maq5. Utilization	0,712	0,718	0,708	0,712	0,716	0,708	0,711	0,709	0,713	0,710	0,712
Maq6. Utilization	0,709	0,711	0,715	0,716	0,717	0,712	0,712	0,710	0,709	0,710	0,712
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	19178	19841	19322	19625	20014	19545	19305	19667	19571	19411	19548
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	11911	11741	11603	11949	11986	11430	11566	11453	11964	11588	11719
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	53505	53181	53255	52796	53074	53465	53462	53223	52992	53093	53205
Número de ordens rejeitadas	5904	5601	5603	5720	5665	5630	5378	5533	5701	5908	5664
Número de ordens chegadas	90515	90380	89793	90101	90762	90080	89731	89882	90242	90013	90150
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,381	1,367	1,355	1,373	1,367	1,364	1,357	1,362	1,374	1,370	1,367
Desvio absoluto médio (MAD)	1,782	1,772	1,785	1,781	1,767	1,775	1,785	1,776	1,777	1,784	1,778
Percentagem de atrasos	0,141	0,139	0,138	0,142	0,141	0,135	0,137	0,136	0,142	0,138	0,139
Percentagem de ordens rejeitadas	0,065	0,062	0,062	0,063	0,062	0,063	0,060	0,062	0,063	0,066	0,063
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,052	0,054	0,053	0,052	0,049	0,053	0,052	0,053	0,052	0,054	0,052
(2) Tempo médio de processamento	0,567	0,568	0,571	0,571	0,566	0,567	0,568	0,569	0,567	0,570	0,568
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	1,112	1,116	1,112	1,130	1,124	1,099	1,098	1,108	1,122	1,113	1,113
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	1,679	1,684	1,683	1,701	1,690	1,666	1,666	1,677	1,689	1,682	1,682
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	1,731	1,738	1,735	1,753	1,740	1,719	1,718	1,730	1,741	1,736	1,734
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	2,509	2,522	2,526	2,536	2,523	2,512	2,523	2,521	2,524	2,527	2,522
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	4,240	4,260	4,261	4,289	4,263	4,231	4,241	4,251	4,265	4,263	4,256
Percentagem média de utilização	0,710	0,713	0,712	0,714	0,714	0,709	0,710	0,711	0,710	0,709	0,711
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 41. Combinação de fatores TAF-BIL-FCFS e  $k_{TWK} = 4,6$

TAF-BIL-FCFS $k_{TWK} = 12,9$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,430	0,433	0,435	0,431	0,436	0,429	0,437	0,423	0,433	0,435	0,432
Maq2. Utilization	0,432	0,431	0,436	0,432	0,429	0,432	0,433	0,426	0,434	0,431	0,431
Maq3. Utilization	0,427	0,432	0,433	0,430	0,431	0,428	0,432	0,428	0,427	0,430	0,430
Maq4. Utilization	0,432	0,429	0,431	0,430	0,429	0,432	0,433	0,428	0,428	0,431	0,430
Maq5. Utilization	0,428	0,435	0,433	0,432	0,433	0,432	0,432	0,429	0,432	0,431	0,432
Maq6. Utilization	0,427	0,430	0,434	0,431	0,431	0,431	0,436	0,424	0,428	0,431	0,430
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	4050	4200	4136	4157	4135	4096	4225	4007	4187	4102	4130
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	310	319	311	320	294	302	278	276	280	313	300
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	65253	65958	65666	65474	65520	65575	65825	64962	65485	65523	65524
Número de ordens rejeitadas	20476	20170	19786	20019	19985	20277	19863	20069	19746	20202	20059
Número de ordens chegadas	90100	90662	89910	89986	89943	90259	90210	89328	89708	90146	90025
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,048	1,078	1,064	1,053	1,044	1,083	1,076	1,065	1,054	1,083	1,065
Desvio absoluto médio (MAD)	4,235	4,208	4,251	4,228	4,233	4,221	4,233	4,231	4,222	4,242	4,230
Percentagem de atrasos	0,004	0,005	0,004	0,005	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
Percentagem de ordens rejeitadas	0,227	0,222	0,220	0,222	0,222	0,222	0,220	0,225	0,220	0,224	0,223
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na <i>shop</i></b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,917	0,906	0,907	0,911	0,915	0,916	0,911	0,913	0,913	0,914	0,912
(2) Tempo médio de processamento	0,416	0,413	0,417	0,416	0,416	0,415	0,416	0,416	0,415	0,417	0,416
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	0,308	0,310	0,317	0,310	0,313	0,310	0,316	0,306	0,308	0,309	0,311
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	0,724	0,724	0,734	0,726	0,730	0,725	0,733	0,721	0,724	0,726	0,727
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	1,640	1,630	1,641	1,637	1,645	1,641	1,644	1,634	1,637	1,639	1,639
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	4,513	4,491	4,534	4,512	4,514	4,500	4,518	4,506	4,506	4,522	4,512
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	6,154	6,120	6,175	6,148	6,159	6,140	6,162	6,140	6,143	6,162	6,150
Percentagem média de utilização	0,429	0,432	0,434	0,431	0,431	0,430	0,434	0,426	0,430	0,432	0,431
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 42. Combinação de factores TAF-BIL-FCFS e  $k_{TWK} = 12,9$

TAF-BIL-FCFS $k_{TWK} = 38$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,176	0,174	0,173	0,175	0,177	0,175	0,177	0,176	0,174	0,174	0,175
Maq2. Utilization	0,173	0,174	0,174	0,172	0,175	0,175	0,177	0,175	0,175	0,172	0,174
Maq3. Utilization	0,174	0,175	0,174	0,173	0,176	0,173	0,177	0,174	0,173	0,172	0,174
Maq4. Utilization	0,178	0,172	0,175	0,174	0,173	0,174	0,176	0,175	0,174	0,173	0,174
Maq5. Utilization	0,173	0,173	0,174	0,174	0,178	0,172	0,177	0,175	0,176	0,174	0,175
Maq6. Utilization	0,175	0,176	0,175	0,174	0,176	0,175	0,177	0,176	0,174	0,175	0,175
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	568	566	572	577	591	611	553	559	545	600	574
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	3	0	1	1	1	0	3	1	4	1	2
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	46898	46677	46537	46577	47257	46436	47513	46736	46869	46497	46800
Número de ordens rejeitadas	42728	42880	42451	43190	42581	42930	42606	42408	42715	42748	42724
Número de ordens chegadas	90216	90143	89584	90369	90448	89996	90693	89722	90152	89864	90119
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,800
Desvio absoluto médio (MAD)	5,769	5,764	5,770	5,749	5,775	5,784	5,782	5,797	5,758	5,765	5,771
Percentagem de atrasos	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Percentagem de ordens rejeitadas	0,474	0,476	0,474	0,478	0,471	0,477	0,470	0,473	0,474	0,476	0,474
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na <i>shop</i></b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	3,870	3,868	3,894	3,878	3,834	3,892	3,847	3,893	3,863	3,871	3,871
(2) Tempo médio de processamento	0,249	0,249	0,249	0,248	0,248	0,250	0,248	0,250	0,248	0,249	0,249
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	0,061	0,060	0,062	0,062	0,061	0,061	0,060	0,061	0,060	0,060	0,061
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	0,310	0,308	0,311	0,310	0,309	0,311	0,308	0,312	0,309	0,309	0,310
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	4,180	4,177	4,205	4,188	4,143	4,202	4,155	4,204	4,172	4,180	4,180
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	5,839	5,834	5,841	5,820	5,847	5,860	5,849	5,866	5,825	5,839	5,842
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	10,019	10,010	10,046	10,008	9,990	10,063	10,004	10,070	9,997	10,019	10,023
Percentagem média de utilização	0,175	0,174	0,174	0,174	0,176	0,174	0,177	0,175	0,174	0,173	0,175
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 43. Combinação de fatores TAF-BIL-FCFS e  $k_{TWK} = 38$

<b>TAF-BIL-FCFS k<sub>TWK</sub> = 77,7</b>											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 Média	
Maq1. Utilization	0,099	0,097	0,097	0,099	0,098	0,097	0,100	0,099	0,097	0,096	0,098
Maq2. Utilization	0,096	0,096	0,097	0,096	0,099	0,096	0,097	0,098	0,096	0,096	0,097
Maq3. Utilization	0,098	0,099	0,096	0,097	0,098	0,096	0,098	0,097	0,097	0,096	0,097
Maq4. Utilization	0,099	0,097	0,096	0,096	0,097	0,096	0,096	0,098	0,097	0,097	0,097
Maq5. Utilization	0,098	0,099	0,097	0,096	0,096	0,097	0,097	0,098	0,096	0,095	0,097
Maq6. Utilization	0,097	0,098	0,096	0,096	0,098	0,096	0,097	0,099	0,096	0,096	0,097
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	234	251	236	241	259	236	225	229	232	233	238
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	35842	35893	35663	35522	35813	35245	35746	35924	35453	35169	35627
Número de ordens rejeitadas	53710	53649	54495	54176	54500	54384	53866	53987	54017	54256	54104
Número de ordens chegadas	89817	89816	90416	89966	90597	89893	89861	90165	89726	89687	89994
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,100
Desvio absoluto médio (MAD)	6,425	6,402	6,354	6,386	6,396	6,402	6,380	6,419	6,385	6,378	6,393
Percentagem de atrasos	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Percentagem de ordens rejeitadas	0,598	0,597	0,603	0,602	0,602	0,605	0,599	0,599	0,602	0,605	0,601
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	8,073	8,036	8,059	8,059	8,076	8,143	8,122	8,068	8,103	8,116	8,085
(2) Tempo médio de processamento	0,183	0,182	0,182	0,182	0,183	0,184	0,183	0,183	0,183	0,183	0,183
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	0,024	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	0,207	0,207	0,206	0,207	0,208	0,209	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	8,280	8,243	8,265	8,266	8,284	8,352	8,330	8,276	8,311	8,323	8,293
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	6,467	6,447	6,396	6,430	6,443	6,444	6,421	6,460	6,427	6,420	6,435
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	14,747	14,689	14,661	14,696	14,727	14,796	14,751	14,736	14,737	14,743	14,728
Percentagem média de utilização	0,098	0,098	0,097	0,097	0,098	0,096	0,098	0,098	0,097	0,096	0,097
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 44. Combinação de factores TAF-BIL-FCFS e k<sub>TWK</sub> = 77,7

TAF-BIL-EDD $k_{TWK} = 4,6$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,699	0,705	0,704	0,702	0,710	0,703	0,708	0,707	0,706	0,704	0,705
Maq2. Utilization	0,701	0,696	0,706	0,698	0,707	0,708	0,704	0,706	0,705	0,705	0,704
Maq3. Utilization	0,702	0,700	0,700	0,703	0,708	0,705	0,708	0,706	0,707	0,704	0,704
Maq4. Utilization	0,702	0,701	0,701	0,698	0,705	0,712	0,709	0,702	0,709	0,706	0,705
Maq5. Utilization	0,702	0,705	0,702	0,698	0,709	0,705	0,703	0,706	0,703	0,705	0,704
Maq6. Utilization	0,701	0,699	0,704	0,704	0,710	0,707	0,702	0,707	0,705	0,708	0,705
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	14603	14820	14612	14545	14825	15118	14763	14669	14635	14729	14732
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	837	863	860	869	852	828	844	806	883	877	852
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	68584	68796	68466	68264	68933	68200	68735	68971	68680	68470	68610
Número de ordens rejeitadas	5705	5885	5995	6055	5999	6010	6218	5992	5987	6003	5985
Número de ordens chegadas	89732	90371	89948	89745	90621	90161	90565	90452	90187	90092	90187
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,048	1,060	1,035	1,054	1,054	1,035	1,040	1,026	1,048	1,054	1,045
Desvio absoluto médio (MAD)	1,812	1,799	1,806	1,825	1,810	1,814	1,809	1,808	1,811	1,820	1,811
Percentagem de atrasos	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Percentagem de ordens rejeitadas	0,064	0,065	0,067	0,067	0,066	0,067	0,069	0,066	0,066	0,067	0,066
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,052	0,053	0,052	0,053	0,049	0,052	0,053	0,051	0,052	0,049	0,052
(2) Tempo médio de processamento	0,563	0,560	0,565	0,565	0,565	0,567	0,565	0,564	0,566	0,566	0,565
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	0,705	0,705	0,715	0,701	0,713	0,710	0,713	0,711	0,714	0,709	0,710
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	1,268	1,265	1,280	1,266	1,278	1,277	1,278	1,275	1,280	1,275	1,274
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	1,320	1,318	1,331	1,319	1,328	1,329	1,331	1,327	1,332	1,324	1,326
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	2,207	2,196	2,201	2,223	2,208	2,226	2,207	2,202	2,206	2,222	2,210
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	3,527	3,514	3,532	3,542	3,536	3,554	3,537	3,529	3,539	3,546	3,536
Percentagem média de utilização	0,701	0,701	0,703	0,700	0,708	0,706	0,706	0,706	0,706	0,705	0,704
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 45. Combinação de factores TAF-BIL-EDD e  $k_{TWK} = 4,6$

TAF-BIL-EDD $k_{TWK} = 12,9$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,430	0,437	0,437	0,435	0,431	0,433	0,426	0,434	0,435	0,435	0,433
Maq2. Utilization	0,424	0,434	0,435	0,433	0,431	0,433	0,428	0,439	0,431	0,433	0,432
Maq3. Utilization	0,427	0,432	0,436	0,435	0,428	0,433	0,430	0,432	0,431	0,431	0,432
Maq4. Utilization	0,424	0,436	0,433	0,430	0,425	0,431	0,426	0,435	0,432	0,432	0,430
Maq5. Utilization	0,428	0,433	0,434	0,432	0,429	0,429	0,431	0,431	0,430	0,433	0,431
Maq6. Utilization	0,424	0,432	0,433	0,433	0,430	0,436	0,430	0,434	0,434	0,429	0,431
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	3026	2929	2975	3097	2983	3100	3005	2901	2942	2992	2995
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	39	41	40	50	46	45	44	46	32	51	43
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	66605	67861	67421	66761	67110	67027	66738	67021	67104	66876	67052
Número de ordens rejeitadas	19957	19755	19739	19910	20158	20214	19751	19750	20134	20025	19939
Número de ordens chegadas	89638	90592	90187	89833	90308	90397	89547	89729	90224	89957	90041
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,077	1,049	1,050	1,040	1,043	1,000	1,068	1,022	1,031	1,059	1,044
Desvio absoluto médio (MAD)	4,252	4,262	4,290	4,300	4,252	4,277	4,263	4,316	4,273	4,291	4,278
Percentagem de atrasos	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001
Percentagem de ordens rejeitadas	0,223	0,218	0,219	0,222	0,223	0,224	0,221	0,220	0,223	0,223	0,221
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,912	0,903	0,911	0,914	0,908	0,912	0,913	0,911	0,920	0,918	0,912
(2) Tempo médio de processamento	0,413	0,414	0,417	0,418	0,413	0,416	0,414	0,419	0,416	0,417	0,416
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	0,249	0,256	0,254	0,256	0,252	0,256	0,254	0,256	0,255	0,254	0,254
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	0,662	0,669	0,670	0,674	0,665	0,672	0,668	0,675	0,671	0,672	0,670
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	1,574	1,573	1,581	1,588	1,573	1,584	1,581	1,585	1,591	1,589	1,582
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	4,447	4,447	4,482	4,501	4,444	4,477	4,457	4,505	4,461	4,485	4,471
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	6,020	6,020	6,063	6,089	6,016	6,062	6,038	6,090	6,053	6,074	6,053
Percentagem média de utilização	0,426	0,434	0,435	0,433	0,429	0,432	0,428	0,434	0,432	0,432	0,432
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 46. Combinação de factores TAF-BIL-EDD e  $k_{TWK} = 12,9$

TAF-BIL-EDD $k_{TWK} = 38$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,172	0,178	0,176	0,177	0,178	0,174	0,175	0,174	0,176	0,176	0,176
Maq2. Utilization	0,174	0,174	0,177	0,174	0,177	0,173	0,178	0,173	0,174	0,176	0,175
Maq3. Utilization	0,172	0,175	0,175	0,175	0,177	0,172	0,178	0,175	0,175	0,178	0,175
Maq4. Utilization	0,175	0,174	0,176	0,177	0,175	0,174	0,173	0,176	0,175	0,175	0,175
Maq5. Utilization	0,174	0,174	0,177	0,177	0,176	0,171	0,176	0,173	0,174	0,175	0,175
Maq6. Utilization	0,174	0,174	0,174	0,176	0,176	0,172	0,177	0,172	0,177	0,177	0,175
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	542	493	531	517	534	496	548	519	574	574	533
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	46531	47002	46963	47005	47388	46433	47363	46541	46810	47019	46906
Número de ordens rejeitadas	43259	42670	42723	42827	42221	42953	42349	42850	42629	42269	42675
Número de ordens chegadas	90349	90183	90238	90366	90164	89900	90276	89926	90034	89882	90132
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	0,000	1,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,200
Desvio absoluto médio (MAD)	5,772	5,771	5,783	5,802	5,771	5,744	5,778	5,769	5,776	5,791	5,776
Percentagem de atrasos	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Percentagem de ordens rejeitadas	0,479	0,473	0,473	0,474	0,468	0,478	0,469	0,477	0,473	0,470	0,473
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na <i>shop</i></b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	3,880	3,857	3,900	3,884	3,854	3,884	3,844	3,894	3,891	3,874	3,876
(2) Tempo médio de processamento	0,249	0,248	0,250	0,250	0,248	0,248	0,248	0,249	0,249	0,249	0,249
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	0,059	0,058	0,058	0,058	0,058	0,057	0,058	0,058	0,057	0,058	0,058
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	0,308	0,306	0,308	0,308	0,306	0,306	0,307	0,307	0,306	0,308	0,307
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	4,189	4,163	4,207	4,192	4,160	4,190	4,150	4,201	4,197	4,182	4,183
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	5,839	5,831	5,849	5,866	5,837	5,805	5,844	5,833	5,847	5,862	5,841
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	10,028	9,995	10,056	10,058	9,996	9,995	9,995	10,034	10,044	10,044	10,025
Percentagem média de utilização	0,174	0,175	0,176	0,176	0,176	0,173	0,176	0,174	0,175	0,176	0,175
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 47. Combinação de factores TAF-BIL-EDD e  $k_{TWK} = 38$

TAF-BIL-EDD $k_{TWK} = 77,7$										
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 Média
Maq1. Utilization	0,095	0,097	0,096	0,098	0,096	0,098	0,099	0,097	0,097	0,097
Maq2. Utilization	0,095	0,096	0,099	0,096	0,098	0,098	0,096	0,096	0,097	0,097
Maq3. Utilization	0,097	0,097	0,099	0,096	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097
Maq4. Utilization	0,096	0,096	0,097	0,096	0,097	0,097	0,097	0,099	0,096	0,097
Maq5. Utilization	0,096	0,098	0,097	0,097	0,097	0,098	0,097	0,098	0,098	0,097
Maq6. Utilization	0,096	0,098	0,098	0,097	0,096	0,099	0,096	0,097	0,098	0,097
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	245	222	222	210	225	199	214	250	245	201
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	35200	35673	35872	35480	35598	35732	35450	35499	35816	35503
Número de ordens rejeitadas	54609	53597	54266	53768	53884	53586	53724	54400	53817	54451
Número de ordens chegadas	90081	89520	90389	89482	89735	89542	89409	90174	89905	90184
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>										
Atraso Médio	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Desvio absoluto médio (MAD)	6,401	6,383	6,388	6,402	6,363	6,430	6,411	6,438	6,358	6,413
Percentagem de atrasos	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Percentagem de ordens rejeitadas	0,606	0,599	0,600	0,601	0,600	0,598	0,601	0,603	0,599	0,604
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>										
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	8,103	8,076	8,070	8,092	8,101	8,134	8,113	8,114	8,028	8,120
(2) Tempo médio de processamento	0,183	0,182	0,182	0,183	0,183	0,184	0,183	0,184	0,182	0,183
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	0,024	0,024	0,025	0,024	0,024	0,024	0,025	0,025	0,024	0,024
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	0,207	0,207	0,207	0,207	0,206	0,208	0,208	0,209	0,206	0,207
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	8,310	8,282	8,277	8,299	8,307	8,342	8,321	8,323	8,233	8,302
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	6,446	6,423	6,428	6,440	6,403	6,466	6,450	6,483	6,401	6,439
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	14,756	14,706	14,705	14,739	14,711	14,808	14,770	14,806	14,634	14,777
Percentagem média de utilização	0,096	0,097	0,098	0,097	0,097	0,098	0,097	0,097	0,097	0,097
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias										

Quadro 48. Combinação de factores TAF-BIL-EDD e  $k_{TWK} = 77,7$

TAF-MIL-FCFS $k_{TWK} = 4,6$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,691	0,690	0,688	0,679	0,690	0,686	0,697	0,688	0,686	0,686	0,688
Maq2. Utilization	0,687	0,689	0,683	0,686	0,686	0,686	0,684	0,685	0,692	0,689	0,687
Maq3. Utilization	0,693	0,690	0,685	0,687	0,693	0,688	0,692	0,694	0,684	0,690	0,690
Maq4. Utilization	0,691	0,687	0,684	0,681	0,688	0,684	0,690	0,690	0,690	0,687	0,687
Maq5. Utilization	0,692	0,686	0,684	0,680	0,685	0,680	0,689	0,687	0,688	0,692	0,686
Maq6. Utilization	0,690	0,688	0,689	0,686	0,686	0,680	0,686	0,690	0,688	0,686	0,687
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	19046	19109	19048	19077	18880	18890	18979	18900	19023	19184	19014
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	10036	9850	9785	9741	9676	9561	10102	9811	9983	9943	9849
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	54406	54526	54226	54064	54830	54383	54254	54489	54248	54488	54391
Número de ordens rejeitadas	6303	6557	7101	6490	6426	6690	6718	6531	6749	6192	6576
Número de ordens chegadas	89811	90059	90178	89387	89822	89540	90068	89743	90008	89821	89844
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,320	1,324	1,333	1,328	1,317	1,337	1,337	1,328	1,331	1,322	1,328
Desvio absoluto médio (MAD)	1,742	1,734	1,730	1,736	1,738	1,738	1,736	1,745	1,736	1,729	1,736
Percentagem de atrasos	0,120	0,118	0,118	0,118	0,116	0,115	0,121	0,118	0,120	0,119	0,118
Percentagem de ordens rejeitadas	0,070	0,073	0,079	0,073	0,072	0,075	0,075	0,073	0,075	0,069	0,073
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na <i>shop</i></b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,095	0,095	0,098	0,097	0,094	0,101	0,095	0,096	0,095	0,096	0,096
(2) Tempo médio de processamento	0,558	0,556	0,557	0,556	0,557	0,557	0,559	0,559	0,558	0,556	0,557
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	1,012	1,006	1,009	1,002	0,999	0,998	1,022	1,004	1,011	1,006	1,007
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	1,570	1,562	1,566	1,558	1,556	1,555	1,581	1,563	1,569	1,562	1,564
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	1,665	1,657	1,664	1,655	1,650	1,656	1,676	1,660	1,664	1,658	1,660
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	2,429	2,416	2,409	2,423	2,411	2,412	2,418	2,426	2,420	2,412	2,418
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	4,094	4,073	4,074	4,077	4,061	4,068	4,094	4,085	4,083	4,070	4,078
Percentagem média de utilização	0,691	0,688	0,685	0,683	0,688	0,684	0,690	0,689	0,688	0,688	0,687
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 49. Combinação de fatores TAF-MIL-FCFS e  $k_{TWK} = 4,6$

TAF-MIL-FCFS $k_{TWK} = 12,9$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,387	0,397	0,388	0,389	0,389	0,392	0,389	0,384	0,389	0,391	0,390
Maq2. Utilization	0,389	0,392	0,395	0,389	0,390	0,390	0,389	0,385	0,388	0,392	0,390
Maq3. Utilization	0,386	0,390	0,389	0,393	0,388	0,394	0,390	0,387	0,390	0,392	0,390
Maq4. Utilization	0,390	0,391	0,392	0,390	0,391	0,392	0,390	0,393	0,388	0,389	0,391
Maq5. Utilization	0,390	0,389	0,389	0,390	0,384	0,392	0,388	0,385	0,388	0,391	0,389
Maq6. Utilization	0,387	0,391	0,394	0,389	0,390	0,394	0,389	0,390	0,385	0,391	0,390
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	3592	3637	3652	3569	3618	3613	3597	3677	3743	3644	3634
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	168	184	171	170	189	170	159	185	179	179	175
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	63159	63625	63376	63466	63185	63620	63386	63256	62967	63730	63377
Número de ordens rejeitadas	23259	22436	22531	23037	22830	22767	22673	23263	23211	22844	22885
Número de ordens chegadas	90191	89894	89740	90253	89840	90177	89824	90392	90107	90408	90083
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,065	1,049	1,023	1,041	1,042	1,024	1,031	1,054	1,034	1,056	1,042
Desvio absoluto médio (MAD)	3,776	3,793	3,787	3,791	3,782	3,795	3,792	3,760	3,775	3,776	3,783
Percentagem de atrasos	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003
Percentagem de ordens rejeitadas	0,258	0,250	0,251	0,255	0,254	0,252	0,252	0,257	0,258	0,253	0,254
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na <i>shop</i></b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	1,136	1,126	1,135	1,127	1,131	1,127	1,121	1,128	1,132	1,122	1,128
(2) Tempo médio de processamento	0,392	0,392	0,393	0,392	0,392	0,393	0,391	0,390	0,391	0,391	0,392
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	0,252	0,255	0,255	0,249	0,254	0,256	0,252	0,254	0,255	0,255	0,254
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	0,644	0,647	0,648	0,641	0,645	0,649	0,644	0,644	0,647	0,646	0,645
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	1,780	1,773	1,783	1,767	1,776	1,776	1,764	1,772	1,779	1,768	1,774
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	3,998	4,018	4,013	4,011	4,007	4,018	4,014	3,986	4,007	4,000	4,007
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	5,778	5,791	5,796	5,778	5,783	5,794	5,779	5,758	5,786	5,768	5,781
Percentagem média de utilização	0,388	0,392	0,391	0,390	0,389	0,392	0,389	0,387	0,388	0,391	0,390
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 50. Combinação de factores TAF-MIL-FCFS e  $k_{TWK} = 12,9$

TAF-MIL-FCFS $k_{TWK} = 38$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,161	0,164	0,162	0,162	0,163	0,161	0,165	0,162	0,163	0,162	0,162
Maq2. Utilization	0,161	0,163	0,162	0,164	0,162	0,159	0,162	0,163	0,164	0,163	0,162
Maq3. Utilization	0,162	0,164	0,160	0,161	0,162	0,162	0,163	0,164	0,162	0,162	0,162
Maq4. Utilization	0,163	0,159	0,163	0,163	0,161	0,161	0,161	0,164	0,161	0,163	0,162
Maq5. Utilization	0,162	0,162	0,163	0,162	0,165	0,160	0,162	0,163	0,161	0,162	0,162
Maq6. Utilization	0,160	0,163	0,162	0,161	0,165	0,162	0,162	0,162	0,162	0,161	0,162
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	536	529	550	558	541	516	537	562	509	538	538
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	0	0	0	1	0	2	0	2	0	1	1
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	45136	45393	45078	45028	45583	44848	45185	45098	45497	45179	45203
Número de ordens rejeitadas	44418	44366	44177	44998	43924	44300	44505	43919	44431	44506	44354
Número de ordens chegadas	90109	90310	89823	90603	90068	89685	90250	89605	90457	90241	90115
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,400
Desvio absoluto médio (MAD)	4,945	4,968	4,979	4,961	4,961	4,954	4,974	5,013	4,949	4,983	4,969
Percentagem de atrasos	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Percentagem de ordens rejeitadas	0,493	0,491	0,492	0,497	0,488	0,494	0,493	0,490	0,491	0,493	0,492
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	4,330	4,317	4,331	4,352	4,314	4,350	4,349	4,349	4,294	4,312	4,330
(2) Tempo médio de processamento	0,239	0,239	0,240	0,240	0,239	0,240	0,240	0,241	0,238	0,239	0,239
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	0,054	0,054	0,055	0,054	0,054	0,053	0,053	0,054	0,055	0,054	0,054
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	0,292	0,293	0,294	0,294	0,293	0,293	0,293	0,295	0,292	0,293	0,293
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	4,622	4,610	4,625	4,646	4,607	4,642	4,643	4,644	4,586	4,604	4,623
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	5,003	5,026	5,040	5,023	5,020	5,011	5,034	5,075	5,004	5,042	5,028
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	9,626	9,637	9,665	9,668	9,628	9,653	9,676	9,719	9,590	9,647	9,651
Percentagem média de utilização	0,162	0,163	0,162	0,162	0,163	0,161	0,163	0,163	0,162	0,162	0,162

As medidas (1) a (7) estão expressa em dias

Quadro 51. Combinação de fatores TAF-MIL-FCFS e  $k_{TWK} = 38$

TAF-MIL-FCFS $k_{TWK} = 77,7$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 Média	
Maq1. Utilization	0,092	0,093	0,093	0,094	0,091	0,092	0,092	0,093	0,092	0,093	0,092
Maq2. Utilization	0,091	0,094	0,092	0,092	0,091	0,092	0,092	0,093	0,094	0,093	0,093
Maq3. Utilization	0,090	0,092	0,092	0,091	0,093	0,093	0,093	0,094	0,092	0,092	0,092
Maq4. Utilization	0,093	0,094	0,092	0,092	0,092	0,092	0,094	0,094	0,092	0,092	0,093
Maq5. Utilization	0,092	0,092	0,091	0,093	0,093	0,092	0,093	0,094	0,093	0,091	0,092
Maq6. Utilization	0,091	0,093	0,093	0,091	0,091	0,092	0,090	0,093	0,093	0,091	0,092
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	199	230	241	245	239	248	210	250	195	259	232
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	34493	34834	34625	34649	34572	34496	34524	35094	34964	34599	34685
Número de ordens rejeitadas	55377	55161	54759	55044	54652	55437	55239	54337	55025	55141	55017
Número de ordens chegadas	90101	90256	89648	89967	89495	90211	90001	89715	90212	90026	89963
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,100
Desvio absoluto médio (MAD)	5,415	5,424	5,417	5,434	5,435	5,433	5,461	5,425	5,410	5,439	5,429
Percentagem de atrasos	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Percentagem de ordens rejeitadas	0,615	0,611	0,611	0,612	0,611	0,615	0,614	0,606	0,610	0,613	0,612
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	8,728	8,770	8,751	8,702	8,716	8,710	8,764	8,706	8,704	8,700	8,725
(2) Tempo médio de processamento	0,178	0,179	0,179	0,178	0,178	0,178	0,179	0,178	0,178	0,178	0,178
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,024	0,022	0,023	0,022	0,023	0,023
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	0,201	0,202	0,201	0,201	0,201	0,202	0,202	0,201	0,200	0,201	0,201
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	8,930	8,972	8,952	8,903	8,917	8,912	8,966	8,907	8,904	8,901	8,926
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	5,446	5,460	5,455	5,473	5,473	5,472	5,494	5,464	5,440	5,479	5,465
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	14,376	14,432	14,407	14,376	14,390	14,383	14,460	14,370	14,344	14,380	14,392
Percentagem média de utilização	0,092	0,093	0,092	0,092	0,092	0,092	0,092	0,093	0,093	0,092	0,092
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 52. Combinação de factores TAF-MIL-FCFS e  $k_{TWK} = 77,7$

TAF-MIL-EDD $k_{TWK} = 4,6$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1.Utilization	0,682	0,682	0,678	0,678	0,683	0,682	0,679	0,676	0,682	0,681	0,680
Maq2.Utilization	0,680	0,680	0,679	0,675	0,687	0,681	0,678	0,674	0,682	0,680	0,680
Maq3.Utilization	0,688	0,677	0,672	0,681	0,683	0,680	0,678	0,678	0,681	0,677	0,680
Maq4.Utilization	0,680	0,683	0,668	0,674	0,681	0,679	0,670	0,675	0,681	0,679	0,677
Maq5.Utilization	0,682	0,681	0,675	0,674	0,682	0,685	0,683	0,679	0,682	0,675	0,680
Maq6.Utilization	0,681	0,681	0,675	0,678	0,683	0,679	0,677	0,678	0,683	0,677	0,679
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	14125	14199	14223	14235	14358	14146	13869	13960	14178	14048	14134
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	760	763	785	749	733	736	773	713	728	690	743
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	68390	68371	68100	67734	68160	68001	68072	68044	68432	68309	68161
Número de ordens rejeitadas	6692	6866	7218	6667	6786	6460	6795	6610	6796	7062	6795
Número de ordens chegadas	89983	90208	90337	89403	90050	89351	89524	89339	90145	90122	89846
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,043	1,042	1,050	1,032	1,029	1,022	1,048	1,048	1,037	1,061	1,041
Desvio absoluto médio (MAD)	1,769	1,768	1,762	1,778	1,776	1,776	1,780	1,775	1,767	1,774	1,772
Percentagem de atrasos	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,008	0,009
Percentagem de ordens rejeitadas	0,074	0,076	0,080	0,075	0,075	0,072	0,076	0,074	0,075	0,078	0,076
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na <i>shop</i></b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,100	0,101	0,102	0,101	0,098	0,099	0,100	0,100	0,098	0,099	0,100
(2) Tempo médio de processamento	0,553	0,551	0,548	0,552	0,554	0,555	0,553	0,552	0,552	0,551	0,552
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	0,660	0,655	0,647	0,648	0,658	0,657	0,651	0,651	0,658	0,651	0,654
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	1,213	1,207	1,195	1,200	1,212	1,212	1,204	1,204	1,210	1,202	1,206
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	1,313	1,308	1,297	1,302	1,310	1,311	1,304	1,304	1,309	1,301	1,306
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	2,143	2,143	2,138	2,160	2,158	2,154	2,151	2,147	2,141	2,146	2,148
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	3,456	3,451	3,435	3,461	3,468	3,464	3,455	3,451	3,450	3,447	3,454
Percentagem média de utilização	0,682	0,681	0,675	0,677	0,683	0,681	0,678	0,677	0,682	0,678	0,679
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 53. Combinação de fatores TAF-MIL-EDD e  $k_{TWK} = 4,6$

TAF-MIL-EDD $k_{TWK} = 12,9$										
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 Média
Maq1. Utilization	0,391	0,387	0,390	0,390	0,391	0,394	0,389	0,385	0,389	0,385
Maq2. Utilization	0,390	0,389	0,393	0,386	0,394	0,392	0,388	0,384	0,389	0,386
Maq3. Utilization	0,389	0,385	0,386	0,387	0,394	0,390	0,387	0,391	0,388	0,381
Maq4. Utilization	0,389	0,385	0,388	0,391	0,394	0,392	0,390	0,390	0,388	0,384
Maq5. Utilization	0,387	0,386	0,390	0,390	0,392	0,392	0,387	0,385	0,388	0,383
Maq6. Utilization	0,387	0,387	0,391	0,390	0,390	0,397	0,388	0,389	0,385	0,386
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	2713	2696	2759	2706	2693	2623	2670	2773	2695	2699
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	32	30	23	36	29	22	21	31	32	28
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	64790	64268	64284	64440	64885	65217	64485	64149	64340	63482
Número de ordens rejeitadas	22849	22575	22304	22769	22945	22666	22592	23128	23062	23253
Número de ordens chegadas	90393	89580	89380	89962	90561	90537	89778	90092	90142	89471
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>										
Atraso Médio	1,031	1,000	1,043	1,028	1,034	1,091	1,000	1,000	1,031	1,036
Desvio absoluto médio (MAD)	3,792	3,797	3,814	3,809	3,813	3,806	3,801	3,800	3,802	3,808
Percentagem de atrasos	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Percentagem de ordens rejeitadas	0,253	0,252	0,250	0,253	0,253	0,250	0,252	0,257	0,256	0,254
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>										
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	1,121	1,126	1,139	1,128	1,133	1,132	1,128	1,134	1,126	1,142
(2) Tempo médio de processamento	0,389	0,390	0,392	0,391	0,392	0,391	0,390	0,390	0,390	0,392
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	0,211	0,212	0,212	0,214	0,214	0,212	0,210	0,210	0,213	0,211
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	0,599	0,601	0,604	0,604	0,606	0,602	0,600	0,600	0,603	0,602
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	1,720	1,727	1,743	1,732	1,740	1,734	1,728	1,734	1,729	1,745
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	3,952	3,957	3,979	3,970	3,973	3,960	3,959	3,965	3,963	3,971
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	5,672	5,685	5,722	5,703	5,712	5,694	5,687	5,699	5,692	5,716
Percentagem média de utilização	0,389	0,387	0,390	0,389	0,392	0,393	0,388	0,387	0,388	0,384
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias										

Quadro 54. Combinação de factores TAF-MIL-EDD e  $k_{TWK} = 12,9$

TAF-MIL-EDD $k_{TWK} = 38$												
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média	
Maq1. Utilization	0,161	0,161	0,162	0,163	0,166	0,163	0,160	0,161	0,161	0,165	0,163	0,163
Maq2. Utilization	0,161	0,162	0,163	0,162	0,164	0,161	0,161	0,161	0,161	0,165	0,165	0,162
Maq3. Utilization	0,161	0,160	0,161	0,165	0,164	0,162	0,161	0,163	0,164	0,163	0,163	0,162
Maq4. Utilization	0,164	0,161	0,163	0,162	0,163	0,163	0,162	0,162	0,162	0,163	0,163	0,163
Maq5. Utilization	0,162	0,162	0,164	0,163	0,165	0,162	0,160	0,162	0,162	0,165	0,163	0,163
Maq6. Utilization	0,161	0,160	0,163	0,164	0,163	0,161	0,162	0,164	0,165	0,165	0,165	0,163
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	526	514	502	494	548	492	532	535	489	504	514	
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	45177	44766	45465	45157	45605	45228	44839	45241	45508	45459	45245	
Número de ordens rejeitadas	44385	44685	44244	44273	43838	44211	44895	44129	44227	43993	44288	
Número de ordens chegadas	90106	89983	90232	89941	90014	89947	90282	89921	90241	89977	90064	
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>												
Atraso Médio	0,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,300	
Desvio absoluto médio (MAD)	4,964	4,967	4,966	4,992	4,991	4,973	4,974	4,968	5,002	5,002	4,980	
Percentagem de atrasos	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Percentagem de ordens rejeitadas	0,493	0,497	0,490	0,492	0,487	0,492	0,497	0,491	0,490	0,489	0,492	
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na <i>shop</i></b>												
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	4,318	4,358	4,317	4,388	4,329	4,335	4,337	4,328	4,368	4,343	4,342	
(2) Tempo médio de processamento	0,239	0,240	0,239	0,241	0,240	0,239	0,240	0,239	0,241	0,240	0,240	
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	0,051	0,051	0,052	0,052	0,053	0,051	0,051	0,052	0,052	0,051	0,052	
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	0,290	0,291	0,291	0,293	0,292	0,291	0,291	0,291	0,293	0,291	0,291	
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	4,607	4,649	4,608	4,681	4,621	4,625	4,628	4,619	4,661	4,634	4,633	
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	5,022	5,024	5,021	5,047	5,051	5,028	5,033	5,026	5,056	5,057	5,036	
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	9,629	9,673	9,628	9,728	9,671	9,653	9,661	9,645	9,717	9,691	9,670	
Percentagem média de utilização	0,162	0,161	0,163	0,163	0,164	0,162	0,161	0,162	0,164	0,164	0,163	
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias												

Quadro 55. Combinação de factores TAF-MIL-EDD e  $k_{TWK} = 38$

TAF-MIL-EDD $k_{TWK} = 77,7$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,092	0,092	0,093	0,092	0,093	0,092	0,092	0,093	0,095	0,093	0,093
Maq2. Utilization	0,093	0,092	0,091	0,091	0,093	0,092	0,092	0,092	0,092	0,092	0,092
Maq3. Utilization	0,094	0,093	0,090	0,092	0,092	0,093	0,091	0,093	0,093	0,094	0,092
Maq4. Utilization	0,092	0,094	0,092	0,091	0,093	0,090	0,092	0,094	0,092	0,093	0,092
Maq5. Utilization	0,092	0,093	0,091	0,093	0,092	0,092	0,092	0,093	0,093	0,091	0,092
Maq6. Utilization	0,092	0,092	0,092	0,092	0,092	0,094	0,091	0,094	0,092	0,092	0,092
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	210	217	216	236	208	221	204	216	218	223	217
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	34668	35059	34451	34467	34857	34688	34559	35071	34810	34573	34720
Número de ordens rejeitadas	55080	54529	55418	55690	55229	54987	55057	54877	55158	55127	55115
Número de ordens chegadas	89982	89828	90114	90422	90318	89925	89854	90191	90212	89954	90080
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Desvio absoluto médio (MAD)	5,423	5,430	5,421	5,432	5,447	5,398	5,419	5,422	5,427	5,439	5,426
Percentagem de atrasos	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Percentagem de ordens rejeitadas	0,612	0,607	0,615	0,616	0,611	0,611	0,613	0,608	0,611	0,613	0,612
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	8,758	8,645	8,739	8,760	8,691	8,720	8,721	8,699	8,731	8,787	8,725
(2) Tempo médio de processamento	0,179	0,177	0,179	0,179	0,178	0,178	0,178	0,178	0,179	0,179	0,178
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	0,022	0,023	0,022	0,023	0,022	0,023	0,022	0,023	0,023	0,023	0,023
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	0,201	0,200	0,201	0,202	0,200	0,201	0,201	0,201	0,202	0,203	0,201
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	8,959	8,845	8,940	8,962	8,891	8,920	8,922	8,901	8,932	8,989	8,926
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	5,456	5,463	5,455	5,469	5,480	5,432	5,451	5,456	5,461	5,475	5,460
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	14,415	14,308	14,395	14,431	14,371	14,352	14,373	14,356	14,394	14,464	14,386
Percentagem média de utilização	0,092	0,093	0,092	0,092	0,093	0,092	0,092	0,093	0,092	0,092	0,092
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 56. Combinação de factores TAF-MIL-EDD e  $k_{TWK} = 77,7$

TAF-CIOP-FCFS $k_{TWK} = 4,6$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,739	0,744	0,733	0,741	0,740	0,737	0,739	0,738	0,740	0,737	0,739
Maq2. Utilization	0,739	0,742	0,741	0,738	0,738	0,739	0,743	0,733	0,742	0,745	0,740
Maq3. Utilization	0,741	0,744	0,737	0,738	0,735	0,741	0,740	0,740	0,740	0,740	0,740
Maq4. Utilization	0,742	0,739	0,740	0,734	0,739	0,735	0,740	0,737	0,739	0,738	0,738
Maq5. Utilization	0,731	0,743	0,738	0,735	0,743	0,738	0,740	0,736	0,740	0,740	0,738
Maq6. Utilization	0,738	0,741	0,733	0,738	0,742	0,735	0,741	0,735	0,743	0,740	0,739
Número de ordens lançadas devido a chegada da DMT	85685	85611	85254	85591	85607	85421	85808	85205	85233	85393	85481
Número de ordens retiradas da fila devido a DMT	23	25	26	22	25	21	22	34	20	22	24
Número de ordens que tem de esperar	26	26	29	25	28	22	23	36	20	25	26
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	20141	19948	19987	20075	20031	19910	20301	20014	20138	19979	20052
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	14017	14497	14405	13948	13965	14032	14217	14196	14180	14155	14161
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	51666	51299	50992	51697	51725	51597	51410	51137	51024	51394	51394
Número de ordens rejeitadas	4514	4632	4571	4520	4488	4558	4505	4604	4538	4636	4557
Número de ordens chegadas	85837	85760	85400	85741	85737	85556	85941	85361	85356	85540	85623
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,413	1,423	1,416	1,418	1,418	1,404	1,419	1,417	1,418	1,414	1,416
Desvio absoluto médio (MAD)	1,827	1,835	1,835	1,831	1,834	1,835	1,824	1,836	1,836	1,832	1,833
Percentagem de atrasos	0,163	0,169	0,169	0,163	0,163	0,164	0,165	0,166	0,166	0,166	0,165
Percentagem de ordens rejeitadas	0,053	0,054	0,054	0,053	0,052	0,053	0,052	0,054	0,053	0,054	0,053
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
(2) Tempo médio de processamento	0,581	0,584	0,583	0,581	0,582	0,582	0,582	0,583	0,586	0,584	0,583
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	1,243	1,266	1,255	1,238	1,243	1,238	1,256	1,249	1,260	1,252	1,250
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	1,823	1,850	1,838	1,819	1,825	1,820	1,838	1,832	1,846	1,836	1,833
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	1,824	1,850	1,838	1,819	1,825	1,820	1,838	1,832	1,846	1,836	1,833
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	2,652	2,665	2,672	2,653	2,657	2,661	2,656	2,671	2,677	2,660	2,662
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	4,476	4,515	4,510	4,472	4,483	4,481	4,495	4,504	4,523	4,496	4,495
Percentagem média de utilização	0,738	0,742	0,737	0,737	0,739	0,737	0,741	0,737	0,741	0,740	0,739

As medidas (1) a (7) estão expressa em dias

Quadro 57. Combinação de factores TAF-CIOP-FCFS e  $k_{TWK} = 4,6$

TAF-CIOP-FCFS $k_{TWK} = 12,9$											
Run da simulação											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,734	0,739	0,734	0,734	0,738	0,736	0,740	0,741	0,743	0,736	0,738
Maq2. Utilization	0,736	0,739	0,742	0,740	0,735	0,730	0,738	0,735	0,738	0,746	0,738
Maq3. Utilization	0,737	0,743	0,737	0,739	0,737	0,734	0,741	0,741	0,734	0,738	0,738
Maq4. Utilization	0,739	0,738	0,742	0,741	0,741	0,735	0,736	0,738	0,737	0,740	0,739
Maq5. Utilization	0,733	0,737	0,734	0,738	0,742	0,735	0,738	0,731	0,744	0,738	0,737
Maq6. Utilization	0,732	0,739	0,735	0,742	0,739	0,735	0,736	0,735	0,742	0,738	0,737
Número de ordens lançadas devido a chegada da DMT	85082	85111	84795	85008	85197	84575	85495	84498	84815	85078	84965
Número de ordens retiradas da fila devido a DMT	60	56	70	53	64	61	58	61	55	54	59
Número de ordens que tem de esperar	130	127	141	114	150	135	118	132	119	103	127
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	8705	8656	8459	8608	8762	8497	8643	8477	8562	8548	8592
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	5285	5317	5366	5047	5277	5319	5408	5425	5151	5286	5288
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	71665	71719	71535	71869	71724	71343	71964	71156	71650	71793	71642
Número de ordens rejeitadas	4695	4581	4503	4477	4580	4561	4597	4613	4617	4381	4561
Número de ordens chegadas	85663	85704	85377	85532	85781	85175	86034	85079	85387	85636	85537
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,442	1,434	1,429	1,427	1,447	1,427	1,452	1,458	1,424	1,439	1,438
Desvio absoluto médio (MAD)	6,315	6,345	6,360	6,361	6,343	6,350	6,315	6,387	6,379	6,365	6,352
Percentagem de atrasos	0,062	0,062	0,063	0,059	0,062	0,062	0,063	0,064	0,060	0,062	0,062
Percentagem de ordens rejeitadas	0,055	0,053	0,053	0,052	0,053	0,054	0,053	0,054	0,054	0,051	0,053
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,010	0,009	0,010	0,009	0,013	0,009	0,009	0,012	0,010	0,008	0,010
(2) Tempo médio de processamento	0,579	0,582	0,583	0,583	0,581	0,582	0,579	0,585	0,585	0,583	0,582
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	1,239	1,247	1,238	1,231	1,229	1,237	1,243	1,239	1,234	1,229	1,237
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	1,818	1,829	1,821	1,815	1,811	1,819	1,822	1,824	1,819	1,811	1,819
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	1,828	1,838	1,831	1,824	1,824	1,829	1,832	1,836	1,829	1,819	1,829
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	7,441	7,475	7,483	7,469	7,478	7,473	7,439	7,524	7,498	7,485	7,476
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	9,269	9,313	9,313	9,293	9,302	9,302	9,270	9,360	9,327	9,305	9,305
Percentagem média de utilização	0,735	0,739	0,737	0,739	0,739	0,735	0,738	0,737	0,740	0,739	0,738
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 58. Combinação de factores TAF-CIOP-FCFS e  $k_{TWK} = 12,9$

TAF-CIOP-FCFS $k_{TWK} = 38$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,741	0,739	0,739	0,732	0,738	0,733	0,736	0,734	0,740	0,735	0,736
Maq2. Utilization	0,738	0,736	0,743	0,734	0,737	0,736	0,735	0,729	0,738	0,734	0,736
Maq3. Utilization	0,741	0,734	0,736	0,740	0,738	0,734	0,737	0,730	0,734	0,729	0,735
Maq4. Utilization	0,739	0,736	0,734	0,733	0,737	0,734	0,738	0,735	0,740	0,739	0,736
Maq5. Utilization	0,739	0,739	0,737	0,731	0,731	0,735	0,738	0,732	0,735	0,729	0,735
Maq6. Utilization	0,740	0,740	0,736	0,735	0,736	0,734	0,734	0,727	0,739	0,737	0,736
Número de ordens lançadas devido a chegada da DMT	85397	84865	84904	84765	84780	85127	84854	83948	85203	85039	84888
Número de ordens retiradas da fila devido a DMT	27	28	27	30	43	33	33	28	35	34	32
Número de ordens que tem de esperar	117	124	132	136	137	140	120	107	139	131	128
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	3148	3049	3132	3105	3192	3082	3102	3028	3151	3136	3113
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	1868	1873	1867	1803	1783	1840	1818	1766	1790	1904	1831
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	80956	80545	80495	80452	80425	80805	80516	79727	80851	80580	80535
Número de ordens rejeitadas	4649	4677	4572	4463	4458	4692	4500	4376	4630	4836	4585
Número de ordens chegadas	85986	85481	85505	85376	85410	85747	85448	84528	85805	85641	85493
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,390	1,385	1,389	1,416	1,406	1,408	1,432	1,371	1,414	1,489	1,410
Desvio absoluto médio (MAD)	20,770	20,834	20,842	20,783	20,819	20,699	20,827	20,918	20,781	20,707	20,798
Percentagem de atrasos	0,022	0,022	0,022	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021	0,022	0,021
Percentagem de ordens rejeitadas	0,054	0,055	0,053	0,052	0,052	0,055	0,053	0,052	0,054	0,056	0,054
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,013	0,012	0,011	0,016	0,016	0,016	0,015	0,012	0,013	0,016	0,014
(2) Tempo médio de processamento	0,581	0,582	0,582	0,580	0,582	0,578	0,582	0,584	0,580	0,578	0,581
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	1,238	1,237	1,229	1,214	1,234	1,215	1,224	1,216	1,220	1,225	1,225
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	1,818	1,819	1,811	1,795	1,816	1,793	1,806	1,800	1,800	1,803	1,806
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	1,832	1,831	1,822	1,810	1,832	1,809	1,820	1,812	1,814	1,820	1,820
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	22,025	22,074	22,104	22,018	22,076	21,927	22,066	22,145	22,020	21,967	22,042
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	23,857	23,905	23,926	23,828	23,908	23,736	23,886	23,957	23,834	23,787	23,862
Percentagem média de utilização	0,740	0,737	0,737	0,734	0,736	0,734	0,736	0,731	0,738	0,734	0,736

As medidas (1) a (7) estão expressa em dias

Quadro 59. Combinação de factores TAF-CIOP-FCFS e  $k_{TWK} = 38$

TAF-CIOP-FCFS $k_{TWK} = 77,7$											
Run da simulação											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,735	0,728	0,727	0,733	0,739	0,730	0,729	0,731	0,736	0,731	0,732
Maq2. Utilization	0,733	0,728	0,726	0,734	0,732	0,728	0,725	0,726	0,736	0,730	0,730
Maq3. Utilization	0,731	0,727	0,727	0,735	0,735	0,729	0,725	0,731	0,737	0,735	0,731
Maq4. Utilization	0,735	0,733	0,726	0,736	0,735	0,735	0,722	0,732	0,739	0,738	0,733
Maq5. Utilization	0,732	0,736	0,728	0,737	0,732	0,728	0,734	0,730	0,737	0,734	0,733
Maq6. Utilization	0,733	0,727	0,724	0,741	0,740	0,739	0,727	0,731	0,734	0,735	0,733
Número de ordens lançadas devido a chegada da DMT	83533	82911	82312	83353	83438	83208	83030	82714	83366	83084	83095
Número de ordens retiradas da fila devido a DMT	35	49	33	37	36	42	37	36	35	44	38
Número de ordens que tem de esperar	491	485	449	455	453	491	454	451	469	478	468
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	1552	1518	1528	1472	1510	1539	1533	1533	1515	1562	1526
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	848	794	772	862	809	812	799	863	845	815	822
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	83541	83068	82443	83445	83489	83290	83094	82759	83409	83082	83162
Número de ordens rejeitadas	4512	4477	4314	4578	4713	4437	4423	4689	4701	4682	4553
Número de ordens chegadas	85957	85387	84758	85787	85826	85657	85442	85172	85785	85477	85525
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,394	1,627	1,561	1,474	1,477	1,452	1,418	1,486	1,516	1,433	1,484
Desvio absoluto médio (MAD)	43,443	43,553	43,667	43,696	43,621	43,508	43,368	43,658	43,717	43,724	43,596
Percentagem de atrasos	0,010	0,009	0,009	0,010	0,009	0,009	0,009	0,010	0,010	0,010	0,010
Percentagem de ordens rejeitadas	0,052	0,052	0,051	0,053	0,055	0,052	0,052	0,055	0,055	0,055	0,053
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,055	0,065	0,062	0,056	0,062	0,063	0,065	0,058	0,061	0,060	0,061
(2) Tempo médio de processamento	0,576	0,577	0,578	0,579	0,578	0,577	0,574	0,579	0,580	0,580	0,578
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	1,178	1,157	1,145	1,180	1,186	1,153	1,137	1,182	1,190	1,175	1,168
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	1,754	1,734	1,723	1,759	1,765	1,730	1,712	1,761	1,769	1,755	1,746
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	1,809	1,799	1,785	1,815	1,827	1,793	1,776	1,819	1,831	1,815	1,807
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	44,676	44,749	44,870	44,902	44,818	44,721	44,571	44,906	44,938	44,961	44,811
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	46,485	46,548	46,655	46,717	46,645	46,514	46,347	46,725	46,769	46,776	46,618
Percentagem média de utilização	0,733	0,730	0,726	0,736	0,735	0,731	0,727	0,730	0,737	0,734	0,732
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 60. Combinação de factores TAF-CIOP-FCFS e  $k_{TWK} = 77,7$

TAF-CIOP-EDD $k_{TWK} = 4,6$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,731	0,735	0,731	0,727	0,727	0,732	0,725	0,730	0,731	0,729	0,730
Maq2. Utilization	0,730	0,732	0,726	0,728	0,731	0,731	0,726	0,728	0,729	0,725	0,729
Maq3. Utilization	0,732	0,732	0,724	0,731	0,728	0,732	0,732	0,727	0,730	0,728	0,730
Maq4. Utilization	0,737	0,733	0,729	0,731	0,728	0,735	0,728	0,732	0,727	0,726	0,730
Maq5. Utilization	0,729	0,729	0,731	0,724	0,733	0,732	0,733	0,735	0,733	0,730	0,731
Maq6. Utilization	0,729	0,735	0,730	0,729	0,727	0,731	0,728	0,737	0,730	0,730	0,731
Número de ordens lançadas devido a chegada da DMT	85345	85453	84731	85042	84876	85432	85083	85176	84959	85269	85137
Número de ordens retiradas da fila devido a DMT	2	0	2	1	0	1	0	0	2	1	1
Número de ordens que tem de esperar	2	0	2	1	0	1	0	0	2	1	1
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	15265	15523	15157	15186	15178	15158	14892	15259	15279	15211	15211
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	958	1020	940	1017	978	965	986	992	967	928	975
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	69131	68913	68636	68838	68727	69311	69208	68926	68720	69134	68954
Número de ordens rejeitadas	4869	4803	4809	4689	4741	4713	4786	5015	4922	4864	4821
Número de ordens chegadas	85362	85469	84742	85055	84894	85446	85097	85190	84975	85283	85151
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,042	1,057	1,053	1,050	1,039	1,054	1,057	1,043	1,049	1,055	1,050
Desvio absoluto médio (MAD)	1,851	1,849	1,864	1,857	1,864	1,861	1,855	1,861	1,857	1,850	1,857
Percentagem de atrasos	0,011	0,012	0,011	0,012	0,012	0,011	0,012	0,012	0,011	0,011	0,011
Percentagem de ordens rejeitadas	0,057	0,056	0,057	0,055	0,056	0,055	0,056	0,059	0,058	0,057	0,057
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
(2) Tempo médio de processamento	0,578	0,579	0,580	0,578	0,580	0,578	0,578	0,580	0,580	0,576	0,579
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	0,775	0,776	0,768	0,768	0,765	0,765	0,771	0,773	0,772	0,767	0,770
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	1,353	1,354	1,348	1,346	1,345	1,343	1,349	1,352	1,352	1,343	1,349
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	1,353	1,354	1,349	1,346	1,345	1,343	1,349	1,352	1,352	1,343	1,349
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	2,271	2,278	2,286	2,279	2,287	2,279	2,265	2,285	2,281	2,267	2,278
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	3,624	3,632	3,635	3,625	3,632	3,623	3,614	3,637	3,633	3,610	3,626
Percentagem média de utilização	0,731	0,733	0,728	0,728	0,729	0,732	0,729	0,732	0,730	0,728	0,730

As medidas (1) a (7) estão expressa em dias

Quadro 61. Combinação de factores TAF-CIOP-EDD e  $k_{TWK} = 4,6$

TAF-CIOP-EDD $k_{TWK} = 12,9$											
Run da simulação											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maa1. Utilization	0,732	0,734	0,734	0,734	0,740	0,732	0,732	0,741	0,729	0,724	0,733
Maa2. Utilization	0,735	0,732	0,734	0,734	0,731	0,734	0,731	0,732	0,733	0,732	0,733
Maa3. Utilization	0,738	0,734	0,731	0,737	0,734	0,733	0,734	0,736	0,733	0,726	0,734
Maa4. Utilization	0,737	0,734	0,735	0,731	0,741	0,740	0,733	0,733	0,734	0,730	0,735
Maa5. Utilization	0,732	0,735	0,731	0,733	0,741	0,734	0,729	0,740	0,734	0,727	0,734
Maa6. Utilization	0,731	0,735	0,731	0,734	0,736	0,738	0,731	0,732	0,730	0,731	0,733
Número de ordens lançadas devido a chegada da DMT	85622	85749	85359	85396	85711	85364	84813	85161	85250	85029	85345
Número de ordens retiradas da fila devido a DMT	6	2	6	1	4	11	7	2	5	4	5
Número de ordens que tem de esperar	7	2	6	1	5	12	7	2	5	5	5
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	5057	5193	5130	5069	5004	5073	5071	5051	5192	5105	5095
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	268	300	252	281	303	278	270	271	279	277	278
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	80325	80275	80006	80066	80432	80040	79495	79857	79801	79667	79996
Número de ordens rejeitadas	4889	4701	4601	4507	4664	4943	4712	4980	4641	4657	4730
Número de ordens chegadas	85658	85779	85392	85426	85749	85403	84843	85187	85282	85062	85378
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,034	1,060	1,044	1,046	1,059	1,076	1,056	1,048	1,068	1,051	1,054
Desvio absoluto médio (MAD)	6,617	6,606	6,621	6,643	6,633	6,650	6,672	6,660	6,631	6,622	6,636
Percentagem de atrasos	0,003	0,003	0,003	0,003	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
Percentagem de ordens rejeitadas	0,057	0,055	0,054	0,053	0,054	0,058	0,056	0,058	0,054	0,055	0,055
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na <i>shop</i></b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
(2) Tempo médio de processamento	0,579	0,578	0,579	0,580	0,580	0,581	0,582	0,583	0,580	0,578	0,580
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	0,765	0,766	0,763	0,758	0,768	0,763	0,756	0,776	0,763	0,754	0,763
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	1,344	1,344	1,342	1,338	1,348	1,344	1,338	1,359	1,342	1,332	1,343
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	1,344	1,344	1,343	1,338	1,349	1,345	1,338	1,359	1,343	1,333	1,343
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	7,052	7,054	7,063	7,083	7,067	7,091	7,116	7,101	7,082	7,066	7,078
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	8,397	8,398	8,406	8,421	8,416	8,436	8,454	8,459	8,425	8,399	8,421
Percentagem média de utilização	0,734	0,734	0,733	0,734	0,737	0,735	0,732	0,736	0,732	0,728	0,733
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 62. Combinação de factores TAF-CIOP-EDD e  $k_{TWK} = 12,9$

TAF-CIOP-EDD $k_{TWK} = 38$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,738	0,735	0,728	0,736	0,729	0,737	0,737	0,729	0,734	0,739	0,734
Maq2. Utilization	0,737	0,730	0,729	0,739	0,735	0,733	0,733	0,734	0,733	0,735	0,734
Maq3. Utilization	0,733	0,727	0,732	0,735	0,741	0,734	0,735	0,732	0,738	0,730	0,734
Maq4. Utilization	0,735	0,731	0,731	0,726	0,732	0,735	0,739	0,735	0,736	0,735	0,733
Maq5. Utilization	0,733	0,732	0,730	0,733	0,730	0,730	0,735	0,733	0,736	0,734	0,733
Maq6. Utilization	0,735	0,735	0,728	0,729	0,734	0,733	0,734	0,735	0,738	0,737	0,734
Número de ordens lançadas devido a chegada da DMT	85653	85368	84991	84794	85157	85292	85463	85121	85435	85568	85284
Número de ordens retiradas da fila devido a DMT	19	22	25	21	19	17	26	25	17	16	21
Número de ordens que tem de esperar	26	28	30	30	22	21	37	34	22	27	28
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	1733	1733	1764	1771	1681	1690	1719	1768	1648	1756	1726
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	92	83	91	89	102	98	90	87	106	91	93
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	83969	83698	83270	83066	83524	83640	83794	83400	83823	83865	83605
Número de ordens rejeitadas	4731	4834	4653	4657	4861	4523	4669	4810	5014	4784	4754
Número de ordens chegadas	85797	85530	85132	84939	85313	85436	85612	85270	85586	85720	85434
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,011	1,084	1,077	1,056	1,029	1,041	1,067	1,000	1,028	1,066	1,046
Desvio absoluto médio (MAD)	21,123	21,086	21,134	21,275	21,190	21,176	21,174	21,184	21,189	21,131	21,166
Percentagem de atrasos	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Percentagem de ordens rejeitadas	0,055	0,057	0,055	0,055	0,057	0,053	0,055	0,056	0,059	0,056	0,056
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003	0,002	0,002
(2) Tempo médio de processamento	0,578	0,578	0,579	0,583	0,580	0,580	0,580	0,580	0,580	0,579	0,580
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	0,761	0,763	0,755	0,763	0,766	0,761	0,768	0,769	0,767	0,770	0,764
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	1,340	1,341	1,333	1,345	1,346	1,341	1,348	1,349	1,347	1,349	1,344
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	1,341	1,343	1,336	1,347	1,348	1,342	1,351	1,352	1,350	1,351	1,346
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	21,581	21,542	21,603	21,750	21,641	21,627	21,630	21,653	21,630	21,594	21,625
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	22,922	22,885	22,939	23,097	22,989	22,969	22,981	23,005	22,980	22,945	22,971
Percentagem média de utilização	0,735	0,732	0,730	0,733	0,733	0,734	0,736	0,733	0,736	0,735	0,734

As medidas (1) a (7) estão expressa em dias

Quadro 63. Combinação de factores TAF-CIOP-EDD e  $k_{TWK} = 38$

TAF-CIOP-EDD $k_{TWK} = 77,7$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,728	0,736	0,730	0,727	0,738	0,730	0,732	0,731	0,727	0,734	0,731
Maq2. Utilization	0,728	0,730	0,731	0,729	0,733	0,728	0,728	0,730	0,726	0,731	0,729
Maq3. Utilization	0,733	0,730	0,724	0,729	0,727	0,733	0,734	0,731	0,733	0,729	0,730
Maq4. Utilization	0,729	0,732	0,733	0,735	0,735	0,728	0,734	0,730	0,728	0,733	0,732
Maq5. Utilization	0,728	0,731	0,725	0,729	0,728	0,728	0,733	0,727	0,732	0,735	0,730
Maq6. Utilization	0,731	0,732	0,724	0,733	0,733	0,729	0,736	0,733	0,730	0,736	0,732
Número de ordens lançadas devido a chegada da DMT	84860	84755	84850	84595	85175	85062	84917	84886	84763	85475	84934
Número de ordens retiradas da fila devido a DMT	25	23	20	26	34	21	23	21	19	20	23
Número de ordens que tem de esperar	107	93	86	86	88	99	86	113	64	92	91
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	840	836	861	838	867	871	810	816	873	859	847
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	56	39	36	35	36	55	41	58	66	49	47
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	84477	84376	84463	84225	84763	84622	84535	84531	84285	85071	84535
Número de ordens rejeitadas	4568	4686	4507	4633	4571	4681	4701	4716	4685	4765	4651
Número de ordens chegadas	85388	85268	85366	85108	85684	85558	85402	85412	85235	85986	85441
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,071	1,026	3,583	1,029	1,028	1,455	1,366	5,431	2,833	1,061	1,988
Desvio absoluto médio (MAD)	43,957	44,148	43,856	44,142	43,966	43,857	44,132	43,969	44,006	43,837	43,987
Percentagem de atrasos	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001
Percentagem de ordens rejeitadas	0,053	0,055	0,053	0,054	0,053	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,054
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,021	0,016	0,018	0,016	0,016	0,021	0,018	0,024	0,015	0,015	0,018
(2) Tempo médio de processamento	0,577	0,579	0,575	0,579	0,577	0,576	0,579	0,577	0,578	0,575	0,577
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	0,752	0,755	0,748	0,757	0,753	0,747	0,757	0,754	0,757	0,761	0,754
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	1,329	1,334	1,323	1,336	1,330	1,323	1,336	1,331	1,334	1,336	1,331
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	1,349	1,350	1,341	1,352	1,346	1,343	1,354	1,355	1,350	1,351	1,349
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	44,422	44,605	44,320	44,599	44,433	44,335	44,575	44,419	44,494	44,304	44,451
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	45,771	45,955	45,661	45,951	45,779	45,678	45,929	45,774	45,844	45,655	45,800
Percentagem média de utilização	0,730	0,732	0,728	0,730	0,732	0,729	0,733	0,730	0,729	0,733	0,731
As médias (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 64. Combinação de factores TAF-CIOP-EDD e  $k_{TWK} = 77,7$

NEDE-IMR-FCFS $k_{TWK} = 4,6$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,861	0,869	0,873	0,873	0,877	0,872	0,875	0,867	0,866	0,858	0,869
Maq2. Utilization	0,858	0,871	0,874	0,866	0,862	0,870	0,865	0,867	0,865	0,868	0,867
Maq3. Utilization	0,865	0,866	0,875	0,873	0,875	0,870	0,874	0,860	0,870	0,863	0,869
Maq4. Utilization	0,867	0,868	0,876	0,872	0,866	0,869	0,869	0,866	0,866	0,871	0,869
Maq5. Utilization	0,862	0,867	0,872	0,873	0,872	0,867	0,872	0,863	0,870	0,864	0,868
Maq6. Utilization	0,862	0,864	0,878	0,868	0,874	0,871	0,874	0,862	0,864	0,864	0,868
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	15441	15201	14525	14660	15148	14776	15039	15579	15168	15255	15079
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	37959	38479	40426	39552	39227	38757	39623	37513	39027	38110	38867
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	32031	31549	29712	30412	31009	30853	30744	32283	31033	32034	31166
Número de ordens imediatamente rejeitadas	4303	4569	5427	5251	4783	5150	4959	4221	4668	4211	4754
Número de ordens imediatamente aceites	84674	84456	83824	83799	84537	83559	84584	84594	84448	84622	84310
Número de ordens que foram para negociação	1075	1157	1213	1163	1200	1221	1209	1141	1134	1143	1166
Número de ordens rejeitadas após a negociação	317	348	375	343	348	402	361	351	347	343	354
Número de ordens aceites após a negociação	758	809	838	820	852	819	848	790	787	800	812
Número de ordens rejeitadas (total)	4620	4917	5802	5594	5131	5552	5320	4572	5015	4554	5108
Número de ordens chegadas	90083	90201	90490	90237	90536	89963	90764	89981	90276	89977	90251
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	2,877	2,830	3,077	3,019	2,921	3,112	2,965	2,825	2,923	2,818	2,937
Desvio absoluto médio (MAD)	5,250	5,507	5,868	5,519	5,785	5,599	5,734	5,520	5,379	5,293	5,545
Percentagem de atrasos	0,444	0,451	0,477	0,467	0,459	0,459	0,464	0,439	0,458	0,446	0,457
Percentagem de ordens rejeitadas	0,051	0,055	0,064	0,062	0,057	0,062	0,059	0,051	0,056	0,051	0,057
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
(2) Tempo médio de processamento	0,681	0,687	0,697	0,695	0,689	0,696	0,689	0,683	0,687	0,683	0,689
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	3,258	3,281	3,576	3,490	3,390	3,490	3,426	3,211	3,366	3,247	3,374
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	3,939	3,968	4,274	4,185	4,078	4,186	4,115	3,895	4,053	3,930	4,062
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	3,939	3,968	4,274	4,185	4,078	4,186	4,115	3,895	4,053	3,930	4,062
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	10,593	11,424	12,533	11,430	12,233	11,406	12,106	11,314	11,095	10,756	11,489
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	14,532	15,392	16,807	15,615	16,311	15,592	16,221	15,209	15,148	14,686	15,551
Percentagem média de utilização	0,862	0,868	0,875	0,871	0,871	0,870	0,871	0,864	0,867	0,865	0,868
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 65. Combinação de factores NEDE-IMR-FCFS e  $k_{TWK} = 4,6$

NEDE-IMR-FCFS $k_{TWK} = 12,9$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,876	0,869	0,865	0,880	0,867	0,878	0,873	0,871	0,875	0,880	0,873
Maq2. Utilization	0,878	0,869	0,865	0,866	0,866	0,880	0,866	0,866	0,873	0,875	0,870
Maq3. Utilization	0,877	0,871	0,866	0,879	0,866	0,872	0,861	0,871	0,873	0,878	0,872
Maq4. Utilization	0,876	0,865	0,873	0,881	0,868	0,874	0,865	0,871	0,872	0,877	0,872
Maq5. Utilization	0,873	0,874	0,864	0,875	0,866	0,873	0,868	0,872	0,880	0,876	0,872
Maq6. Utilization	0,869	0,867	0,875	0,881	0,873	0,878	0,873	0,875	0,871	0,880	0,874
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	8521	8754	8684	8679	8799	8609	8792	8806	8642	8632	8692
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	21161	20191	19606	21531	19588	21744	19877	20641	20937	21488	20676
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	58117	58981	59432	57706	59273	56899	59554	58311	58169	57487	58393
Número de ordens imediatamente rejeitadas	2058	1968	1838	2212	1904	2556	1870	2031	2219	2221	2088
Número de ordens imediatamente aceites	87452	87584	87364	87548	87306	86908	87915	87441	87396	87249	87416
Número de ordens que foram para negociação	487	502	470	471	502	549	420	508	497	507	491
Número de ordens rejeitadas após a negociação	144	132	146	125	155	158	134	164	152	155	147
Número de ordens aceites após a negociação	343	370	324	346	347	391	286	344	345	352	345
Número de ordens rejeitadas (total)	2202	2100	1984	2337	2059	2714	2004	2195	2371	2376	2234
Número de ordens chegadas	90051	90064	89710	90277	89766	90029	90264	90009	90135	90014	90032
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	3,002	3,013	2,847	3,145	2,970	3,254	2,895	3,043	3,016	3,120	3,030
Desvio absoluto médio (MAD)	7,504	7,710	7,470	7,551	7,591	7,750	7,326	7,581	7,559	7,612	7,566
Percentagem de atrasos	0,241	0,230	0,224	0,245	0,223	0,249	0,225	0,235	0,239	0,245	0,236
Percentagem de ordens rejeitadas	0,024	0,023	0,022	0,026	0,023	0,030	0,022	0,024	0,026	0,026	0,025
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
(2) Tempo médio de processamento	0,673	0,667	0,668	0,673	0,668	0,677	0,664	0,670	0,672	0,676	0,671
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	3,764	3,611	3,492	3,872	3,551	3,984	3,521	3,701	3,738	3,855	3,709
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	4,437	4,278	4,160	4,545	4,219	4,661	4,184	4,371	4,411	4,531	4,380
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	4,437	4,278	4,160	4,545	4,219	4,661	4,184	4,371	4,411	4,531	4,380
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	10,243	10,463	10,086	10,330	10,244	10,640	9,886	10,332	10,317	10,434	10,298
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	14,680	14,741	14,246	14,875	14,463	15,301	14,071	14,703	14,728	14,965	14,677
Percentagem média de utilização	0,875	0,869	0,868	0,877	0,868	0,876	0,868	0,871	0,874	0,878	0,872
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 66. Combinação de factores NEDE-IMR-FCFS e  $k_{TWK} = 12,9$

NEDE-IMR-FCFS $k_{TWK} = 38$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 Média	
Maq1. Utilization	0,883	0,868	0,877	0,863	0,872	0,874	0,885	0,866	0,875	0,878	0,874
Maq2. Utilization	0,879	0,868	0,883	0,859	0,874	0,873	0,874	0,868	0,877	0,874	0,873
Maq3. Utilization	0,879	0,870	0,879	0,865	0,871	0,877	0,877	0,875	0,870	0,880	0,874
Maq4. Utilization	0,878	0,870	0,874	0,866	0,867	0,871	0,875	0,868	0,875	0,876	0,872
Maq5. Utilization	0,883	0,865	0,875	0,867	0,874	0,874	0,884	0,866	0,878	0,877	0,874
Maq6. Utilization	0,877	0,868	0,878	0,867	0,866	0,878	0,877	0,872	0,877	0,876	0,874
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	3660	3742	3611	3593	3657	3661	3771	3597	3709	3615	3662
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	8943	8303	8874	7842	8044	8545	8629	8286	8686	9187	8534
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	76664	77300	76697	77348	77266	76918	76673	76807	76665	75651	76799
Número de ordens imediatamente rejeitadas	831	732	831	742	702	764	814	697	795	1052	796
Número de ordens imediatamente aceites	89147	89209	89017	88665	88897	88998	88908	88598	88925	88302	88867
Número de ordens que foram para negociação	184	168	187	165	159	182	177	180	175	218	180
Número de ordens rejeitadas após a negociação	58	49	54	46	45	64	66	51	51	75	56
Número de ordens aceites após a negociação	126	119	133	119	114	118	111	129	124	143	124
Número de ordens rejeitadas (total)	889	781	885	788	747	828	880	748	846	1127	852
Número de ordens chegadas	90203	90165	90092	89621	89782	89965	89970	89497	89931	89605	89883
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	3,120	3,024	3,123	2,998	3,003	3,054	2,970	3,037	3,178	3,695	3,120
Desvio absoluto médio (MAD)	22,161	22,069	22,195	22,183	22,208	22,204	22,190	22,248	22,210	22,253	22,192
Percentagem de atrasos	0,100	0,093	0,100	0,088	0,090	0,096	0,097	0,093	0,098	0,104	0,096
Percentagem de ordens rejeitadas	0,010	0,009	0,010	0,009	0,008	0,009	0,010	0,008	0,009	0,013	0,009
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
(2) Tempo médio de processamento	0,665	0,656	0,665	0,657	0,660	0,662	0,666	0,661	0,664	0,669	0,663
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	4,031	3,705	4,012	3,630	3,716	3,828	3,923	3,751	3,953	4,282	3,883
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	4,697	4,361	4,677	4,287	4,376	4,490	4,589	4,412	4,616	4,951	4,546
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	4,697	4,361	4,677	4,287	4,376	4,490	4,589	4,412	4,616	4,951	4,546
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	25,439	25,183	25,446	25,158	25,258	25,387	25,444	25,362	25,440	25,570	25,369
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	30,136	29,544	30,123	29,445	29,634	29,877	30,033	29,774	30,056	30,521	29,914
Percentagem média de utilização	0,880	0,868	0,878	0,865	0,871	0,874	0,879	0,869	0,875	0,877	0,874
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 67. Combinação de factores NEDE-IMR-FCFS e  $k_{TWK} = 38$

NEDE-IMR-FCFS $k_{TWK} = 77,7$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,881	0,877	0,872	0,870	0,865	0,874	0,881	0,868	0,868	0,863	0,872
Maq2. Utilization	0,872	0,877	0,876	0,874	0,873	0,871	0,875	0,877	0,872	0,867	0,873
Maq3. Utilization	0,872	0,871	0,874	0,873	0,873	0,873	0,872	0,870	0,877	0,877	0,873
Maq4. Utilization	0,875	0,871	0,876	0,870	0,870	0,873	0,882	0,872	0,871	0,873	0,873
Maq5. Utilization	0,871	0,871	0,876	0,871	0,872	0,874	0,881	0,872	0,873	0,865	0,873
Maq6. Utilization	0,873	0,871	0,879	0,867	0,871	0,876	0,881	0,871	0,872	0,872	0,873
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	1884	1980	2002	1909	1953	1954	1968	1918	1878	1930	1938
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	4516	4211	4394	4086	4407	4381	4556	4351	4293	4272	4347
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	83359	83346	83529	83455	83263	83329	83247	83292	83237	83276	83333
Número de ordens imediatamente rejeitadas	400	386	393	315	410	425	409	363	367	399	387
Número de ordens imediatamente aceites	89665	89486	89888	89377	89540	89584	89662	89505	89361	89402	89547
Número de ordens que foram para negociação	105	91	87	99	76	94	100	88	69	95	90
Número de ordens rejeitadas após a negociação	27	33	30	35	27	21	26	24	25	30	28
Número de ordens aceites após a negociação	78	58	57	64	49	73	74	64	44	65	63
Número de ordens rejeitadas (total)	427	419	423	350	437	446	435	387	392	429	415
Número de ordens chegadas	90211	89985	90375	89821	90099	90121	90221	89991	89831	89931	90059
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	3,356	3,110	3,064	2,918	3,208	3,091	3,219	3,125	2,941	2,984	3,102
Desvio absoluto médio (MAD)	47,471	47,614	47,474	47,731	47,383	47,577	47,724	47,559	47,623	47,508	47,566
Percentagem de atrasos	0,050	0,047	0,049	0,046	0,049	0,049	0,051	0,049	0,048	0,048	0,049
Percentagem de ordens rejeitadas	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005	0,005	0,005	0,004	0,004	0,005	0,005
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
(2) Tempo médio de processamento	0,657	0,658	0,657	0,657	0,656	0,658	0,661	0,657	0,658	0,656	0,658
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	4,041	3,838	3,913	3,657	3,914	3,974	4,043	3,847	3,810	3,805	3,884
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	4,698	4,496	4,570	4,315	4,570	4,631	4,703	4,504	4,468	4,461	4,542
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	4,698	4,496	4,570	4,315	4,570	4,631	4,703	4,504	4,468	4,461	4,542
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	50,933	50,993	50,947	51,017	50,832	51,031	51,287	50,975	51,002	50,893	50,991
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	55,631	55,489	55,517	55,332	55,402	55,662	55,990	55,479	55,470	55,354	55,533
Percentagem média de utilização	0,874	0,873	0,875	0,871	0,871	0,874	0,879	0,872	0,872	0,869	0,873
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 68. Combinação de factores NEDE-IMR-FCFS e  $k_{TWK} = 77,7$

NEDE-IMR-EDD $k_{TWK} = 4,6$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,858	0,864	0,865	0,867	0,869	0,860	0,867	0,864	0,862	0,865	0,864
Maq2. Utilization	0,856	0,864	0,859	0,862	0,861	0,864	0,861	0,866	0,855	0,873	0,862
Maq3. Utilization	0,859	0,871	0,858	0,865	0,864	0,866	0,868	0,862	0,859	0,867	0,864
Maq4. Utilization	0,858	0,863	0,862	0,863	0,863	0,864	0,864	0,866	0,856	0,874	0,863
Maq5. Utilization	0,863	0,865	0,859	0,863	0,864	0,862	0,864	0,873	0,857	0,867	0,864
Maq6. Utilization	0,859	0,864	0,863	0,863	0,857	0,865	0,858	0,863	0,856	0,877	0,863
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	19738	20097	19607	19447	20048	19930	19611	19998	19753	20375	19860
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	4464	4930	4763	5416	4379	5865	5570	5454	4632	5621	5109
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	59806	58758	59238	58332	59221	56973	57687	57670	59863	57047	58460
Número de ordens imediatamente rejeitadas	5402	6139	5731	6254	5700	6643	6472	6459	5426	6740	6097
Número de ordens imediatamente aceites	83134	82816	82643	82158	82697	81750	81860	82048	83349	82059	82451
Número de ordens que foram para negociação	1257	1342	1395	1444	1400	1460	1441	1515	1289	1455	1400
Número de ordens rejeitadas após a negociação	391	363	439	415	447	436	414	450	400	458	421
Número de ordens aceites após a negociação	866	979	956	1029	953	1024	1027	1065	889	997	979
Número de ordens rejeitadas (total)	5793	6502	6170	6669	6147	7079	6886	6909	5826	7198	6518
Número de ordens chegadas	89821	90315	89795	89888	89818	89873	89795	90045	90097	90265	89971
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,333	1,368	1,449	1,485	1,319	1,497	1,522	1,506	1,377	1,462	1,432
Desvio absoluto médio (MAD)	4,585	4,918	4,961	5,141	4,887	5,354	5,213	5,490	4,681	5,108	5,034
Percentagem de atrasos	0,053	0,059	0,057	0,065	0,052	0,071	0,067	0,066	0,055	0,068	0,061
Percentagem de ordens rejeitadas	0,064	0,072	0,069	0,074	0,068	0,079	0,077	0,077	0,065	0,080	0,072
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
(2) Tempo médio de processamento	0,690	0,697	0,695	0,701	0,696	0,704	0,703	0,703	0,687	0,708	0,698
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	2,037	2,177	2,137	2,213	2,112	2,264	2,230	2,279	2,019	2,280	2,175
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	2,727	2,874	2,833	2,913	2,808	2,969	2,933	2,982	2,706	2,987	2,873
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	2,727	2,874	2,833	2,913	2,808	2,969	2,933	2,982	2,706	2,987	2,873
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	6,341	6,898	6,885	7,195	6,805	7,624	7,341	7,771	6,481	7,292	7,063
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	9,068	9,772	9,718	10,108	9,614	10,592	10,275	10,752	9,187	10,279	9,936
Percentagem média de utilização	0,859	0,865	0,861	0,864	0,863	0,864	0,864	0,866	0,858	0,871	0,863
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 69. Combinação de factores NEDE-IMR-EDD e  $k_{TWK} = 4,6$

NEDE-IMR-EDD $k_{TWK} = 12,9$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,870	0,871	0,877	0,879	0,887	0,868	0,880	0,865	0,865	0,876	0,874
Maq2. Utilization	0,871	0,869	0,874	0,873	0,884	0,868	0,870	0,864	0,875	0,876	0,872
Maq3. Utilization	0,878	0,873	0,875	0,880	0,885	0,871	0,879	0,866	0,865	0,882	0,875
Maq4. Utilization	0,878	0,860	0,873	0,870	0,882	0,869	0,874	0,868	0,865	0,877	0,872
Maq5. Utilization	0,872	0,876	0,870	0,872	0,884	0,868	0,874	0,867	0,871	0,874	0,873
Maq6. Utilization	0,871	0,868	0,875	0,876	0,885	0,877	0,879	0,874	0,872	0,876	0,875
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	4279	4370	4189	4395	4077	4645	4252	4564	4425	4289	4349
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	247	270	225	247	252	237	217	262	242	236	244
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	82608	82575	82354	82442	82918	82287	82775	82761	82192	82039	82495
Número de ordens imediatamente rejeitadas	3027	2683	3036	2879	3336	2647	2787	2460	2726	2913	2849
Número de ordens imediatamente aceites	86648	86827	86342	86640	86777	86782	86785	87188	86421	86138	86655
Número de ordens que foram para negociação	669	548	611	621	679	572	611	560	588	629	609
Número de ordens rejeitadas após a negociação	179	155	170	172	207	177	161	162	166	203	175
Número de ordens aceites após a negociação	490	393	441	449	472	395	450	398	422	426	434
Número de ordens rejeitadas (total)	3206	2838	3206	3051	3543	2824	2948	2622	2892	3116	3025
Número de ordens chegadas	90375	90076	89998	90166	90809	90020	90203	90227	89770	89693	90134
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,057	1,033	1,022	1,016	1,060	1,042	1,028	1,057	1,070	1,047	1,043
Desvio absoluto médio (MAD)	8,504	8,264	8,333	8,384	8,521	8,217	8,479	8,169	8,354	8,249	8,348
Percentagem de atrasos	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003
Percentagem de ordens rejeitadas	0,035	0,032	0,036	0,034	0,039	0,031	0,033	0,029	0,032	0,035	0,034
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
(2) Tempo médio de processamento	0,676	0,673	0,680	0,678	0,684	0,674	0,678	0,668	0,675	0,684	0,677
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	1,990	1,882	1,949	1,989	2,085	1,852	1,952	1,806	1,868	1,950	1,932
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	2,666	2,555	2,629	2,667	2,769	2,526	2,630	2,474	2,544	2,634	2,609
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	2,666	2,555	2,629	2,667	2,769	2,526	2,630	2,474	2,544	2,634	2,609
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	8,967	8,726	8,777	8,853	8,963	8,702	8,934	8,642	8,826	8,701	8,809
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	11,633	11,280	11,406	11,520	11,732	11,228	11,564	11,116	11,369	11,335	11,418
Percentagem média de utilização	0,873	0,870	0,874	0,875	0,885	0,870	0,876	0,867	0,869	0,877	0,874
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 70. Combinação de factores NEDE-IMR-EDD e  $k_{TWK} = 12,9$

NEDE-IMR-EDD $k_{TWK} = 38$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,873	0,875	0,873	0,873	0,874	0,871	0,879	0,866	0,880	0,875	0,874
Maq2. Utilization	0,871	0,877	0,869	0,867	0,868	0,872	0,878	0,870	0,879	0,882	0,873
Maq3. Utilization	0,873	0,878	0,871	0,878	0,870	0,869	0,873	0,870	0,873	0,875	0,873
Maq4. Utilization	0,877	0,873	0,872	0,872	0,868	0,872	0,879	0,873	0,867	0,886	0,874
Maq5. Utilization	0,871	0,875	0,863	0,875	0,874	0,871	0,882	0,865	0,870	0,869	0,871
Maq6. Utilization	0,867	0,868	0,874	0,880	0,870	0,870	0,882	0,871	0,872	0,876	0,873
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	1437	1473	1492	1524	1467	1543	1502	1566	1531	1460	1500
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	73	71	93	93	93	78	73	88	80	83	83
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	87257	86852	87222	87534	87518	86974	87387	86939	87414	87156	87225
Número de ordens imediatamente rejeitadas	856	1149	840	1020	959	1001	1079	801	938	1028	967
Número de ordens imediatamente aceites	88632	88242	88642	88995	88939	88425	88779	88465	88854	88555	88653
Número de ordens que foram para negociação	193	246	238	246	217	242	241	168	235	214	224
Número de ordens rejeitadas após a negociação	63	86	69	88	65	65	69	51	60	62	68
Número de ordens aceites após a negociação	130	160	169	158	152	177	172	117	175	152	156
Número de ordens rejeitadas (total)	919	1235	909	1108	1024	1066	1148	852	998	1090	1035
Número de ordens chegadas	89705	89661	89733	90282	90136	89678	90127	89455	90047	89821	89865
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,082	1,099	1,043	1,043	1,075	1,038	1,068	1,057	1,038	1,084	1,063
Desvio absoluto médio (MAD)	23,828	23,950	23,917	23,736	23,688	23,883	24,021	23,723	23,882	23,933	23,856
Percentagem de atrasos	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Percentagem de ordens rejeitadas	0,010	0,014	0,010	0,012	0,011	0,012	0,013	0,010	0,011	0,012	0,012
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na <i>shop</i></b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
(2) Tempo médio de processamento	0,663	0,667	0,662	0,662	0,660	0,663	0,667	0,662	0,662	0,667	0,664
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	1,704	1,831	1,734	1,796	1,764	1,761	1,855	1,666	1,746	1,816	1,767
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	2,367	2,498	2,396	2,457	2,424	2,424	2,522	2,329	2,408	2,483	2,431
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	2,367	2,498	2,396	2,457	2,424	2,424	2,522	2,329	2,408	2,483	2,431
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	24,239	24,375	24,350	24,173	24,109	24,327	24,453	24,172	24,321	24,355	24,287
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	26,606	26,873	26,746	26,630	26,533	26,751	26,975	26,501	26,729	26,838	26,718
Percentagem média de utilização	0,8720	0,8741	0,8704	0,8742	0,8707	0,8706	0,8788	0,8690	0,8734	0,8771	0,873
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 71. Combinação de factores NEDE-IMR-EDD e  $k_{TWK} = 38$

NEDE-IMR-EDD $k_{TWK} = 77,7$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,878	0,879	0,880	0,879	0,873	0,871	0,879	0,867	0,874	0,868	0,875
Maq2. Utilization	0,874	0,882	0,881	0,873	0,874	0,874	0,871	0,868	0,869	0,871	0,874
Maq3. Utilization	0,878	0,880	0,872	0,876	0,876	0,875	0,877	0,869	0,869	0,867	0,874
Maq4. Utilization	0,886	0,880	0,876	0,879	0,872	0,869	0,875	0,869	0,869	0,872	0,875
Maq5. Utilization	0,881	0,884	0,874	0,878	0,875	0,874	0,880	0,873	0,868	0,870	0,876
Maq6. Utilization	0,872	0,877	0,876	0,873	0,869	0,872	0,874	0,869	0,869	0,869	0,872
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	738	740	677	758	754	735	718	728	738	728	731
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	37	43	46	31	41	40	39	33	42	48	40
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	88990	88964	88771	88658	88480	88845	89012	88643	88777	88157	88730
Número de ordens imediatamente rejeitadas	498	549	482	472	461	416	537	418	377	423	463
Número de ordens imediatamente aceites	89700	89653	89438	89389	89178	89554	89687	89344	89484	88872	89430
Número de ordens que foram para negociação	99	137	86	96	126	97	91	97	104	91	102
Número de ordens rejeitadas após a negociação	29	38	23	26	32	30	33	28	31	27	30
Número de ordens aceites após a negociação	70	99	63	70	94	67	58	69	73	64	73
Número de ordens rejeitadas (total)	527	587	505	498	493	446	570	446	408	450	493
Número de ordens chegadas	90323	90363	90028	89979	89781	90079	90352	89872	89980	89397	90015
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,081	1,070	1,022	1,097	1,073	1,050	1,077	1,061	1,095	1,104	1,073
Desvio absoluto médio (MAD)	49,621	49,773	49,683	49,703	49,757	49,474	49,490	49,387	49,395	49,683	49,597
Percentagem de atrasos	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
Percentagem de ordens rejeitadas	0,006	0,006	0,006	0,006	0,005	0,005	0,006	0,005	0,005	0,005	0,005
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
(2) Tempo médio de processamento	0,660	0,662	0,661	0,661	0,660	0,657	0,659	0,656	0,655	0,660	0,659
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	1,749	1,798	1,732	1,758	1,730	1,669	1,757	1,686	1,646	1,663	1,719
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	2,409	2,459	2,392	2,419	2,390	2,326	2,417	2,342	2,301	2,323	2,378
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	2,409	2,459	2,392	2,419	2,390	2,326	2,417	2,342	2,301	2,323	2,378
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	50,053	50,210	50,087	50,145	50,203	49,905	49,910	49,810	49,828	50,119	50,027
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	52,462	52,669	52,479	52,564	52,593	52,231	52,327	52,152	52,129	52,442	52,405
Percentagem média de utilização	0,878	0,880	0,876	0,876	0,873	0,873	0,876	0,869	0,870	0,869	0,874
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 72. Combinação de factores NEDE-IMR-EDD e  $k_{TWK} = 77,7$

NEDE-BIL-FCFS $k_{TWK} = 4,6$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,859	0,835	0,859	0,843	0,850	0,843	0,858	0,846	0,852	0,847	0,849
Maq2. Utilization	0,855	0,829	0,859	0,838	0,849	0,845	0,853	0,844	0,854	0,856	0,848
Maq3. Utilization	0,859	0,835	0,856	0,839	0,848	0,841	0,848	0,846	0,848	0,859	0,848
Maq4. Utilization	0,852	0,833	0,866	0,836	0,845	0,846	0,851	0,850	0,847	0,856	0,848
Maq5. Utilization	0,850	0,839	0,856	0,837	0,843	0,850	0,849	0,845	0,844	0,849	0,846
Maq6. Utilization	0,851	0,832	0,854	0,835	0,849	0,848	0,848	0,851	0,851	0,862	0,848
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	15467	13602	14887	14096	15481	14180	15188	14855	15380	15175	14831
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	30217	23226	28889	24932	27538	26966	27905	26774	28268	30073	27479
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	34598	36104	33505	36483	35600	35280	35409	35598	35656	34113	35235
Número de ordens imediatamente rejeitadas	8927	17067	12636	13953	10494	13050	11033	12017	9669	9944	11879
Número de ordens imediatamente aceites	79152	71357	75900	74012	77284	75061	77269	75886	78130	78104	76216
Número de ordens que foram para negociação	1673	2316	2077	2195	2042	2037	1943	2122	1843	1941	2019
Número de ordens rejeitadas após a negociação	518	648	636	620	592	583	612	674	544	615	604
Número de ordens aceites após a negociação	1155	1668	1441	1575	1450	1454	1331	1448	1299	1326	1415
Número de ordens rejeitadas (total)	9445	17715	13272	14573	11086	13633	11645	12691	10213	10559	12483
Número de ordens chegadas	89804	90759	90653	90196	89859	90177	90287	90049	89649	90027	90146
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	2,502	2,539	2,573	2,452	2,451	2,499	2,395	2,473	2,456	2,533	2,487
Desvio absoluto médio (MAD)	2,124	2,238	2,169	2,187	2,124	2,195	2,109	2,140	2,114	2,151	2,155
Percentagem de atrasos	0,376	0,318	0,374	0,330	0,350	0,353	0,355	0,347	0,356	0,379	0,354
Percentagem de ordens rejeitadas	0,105	0,195	0,146	0,162	0,123	0,151	0,129	0,141	0,114	0,117	0,138
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	4,503	8,000	6,297	7,117	5,779	6,250	5,668	6,365	5,007	5,135	6,012
(2) Tempo médio de processamento	0,718	0,772	0,750	0,749	0,728	0,747	0,732	0,740	0,723	0,727	0,739
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	2,911	2,771	3,039	2,743	2,809	2,851	2,806	2,825	2,822	2,963	2,854
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	3,629	3,543	3,788	3,493	3,536	3,597	3,538	3,566	3,545	3,690	3,592
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	8,132	11,543	10,085	10,609	9,315	9,847	9,206	9,931	8,551	8,825	9,604
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	2,744	2,888	2,783	2,851	2,795	2,845	2,787	2,784	2,756	2,772	2,800
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	10,876	14,431	12,868	13,460	12,110	12,692	11,993	12,714	11,307	11,597	12,405
Percentagem média de utilização	0,854	0,834	0,858	0,838	0,847	0,845	0,851	0,847	0,849	0,855	0,848
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 73. Combinação de factores NEDE-BIL-FCFS e  $k_{TWK} = 4,6$

NEDE-BIL-FCFS $k_{TWK} = 12,9$												
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média	
Maq1. Utilization	0,851	0,850	0,836	0,847	0,842	0,839	0,830	0,843	0,843	0,853	0,841	0,843
Maq2. Utilization	0,853	0,847	0,829	0,846	0,848	0,844	0,840	0,839	0,849	0,839	0,839	0,843
Maq3. Utilization	0,848	0,842	0,831	0,845	0,843	0,838	0,845	0,838	0,850	0,841	0,841	0,842
Maq4. Utilization	0,853	0,846	0,831	0,845	0,845	0,844	0,833	0,839	0,849	0,835	0,842	0,842
Maq5. Utilization	0,849	0,847	0,837	0,846	0,847	0,838	0,840	0,839	0,849	0,838	0,843	0,843
Maq6. Utilization	0,849	0,846	0,828	0,848	0,842	0,850	0,836	0,836	0,849	0,841	0,841	0,842
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	5463	5252	5259	5582	5508	5444	5495	5458	5583	5150	5419	5419
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	5628	4904	4647	5564	5433	4908	5069	4602	5332	4392	5048	5048
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	59552	59941	61150	59330	59463	60424	60808	60923	59993	60435	60202	60202
Número de ordens imediatamente rejeitadas	19020	19321	17346	18655	18820	18077	17752	17860	18661	18414	18393	18393
Número de ordens imediatamente aceites	68944	68151	69595	68827	68584	69044	69799	69391	69256	68166	68976	68976
Número de ordens que foram para negociação	2533	2925	2292	2519	2755	2561	2354	2404	2487	2643	2547	2547
Número de ordens rejeitadas após a negociação	733	834	702	766	816	764	686	708	757	787	755	755
Número de ordens aceites após a negociação	1800	2091	1590	1753	1939	1797	1668	1696	1730	1856	1792	1792
Número de ordens rejeitadas (total)	19753	20155	18048	19421	19636	18841	18438	18568	19418	19201	19148	19148
Número de ordens chegadas	90537	90450	89268	90050	90229	89730	89954	89701	90444	89304	89967	89967
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>												
Atraso Médio	2,036	1,913	1,908	1,991	1,976	1,915	1,951	1,811	1,924	1,853	1,928	1,928
Desvio absoluto médio (MAD)	4,276	4,326	4,418	4,263	4,312	4,362	4,372	4,372	4,266	4,406	4,337	4,337
Percentagem de atrasos	0,080	0,070	0,065	0,079	0,077	0,069	0,071	0,065	0,075	0,063	0,071	0,071
Percentagem de ordens rejeitadas	0,218	0,223	0,202	0,216	0,218	0,210	0,205	0,207	0,215	0,215	0,213	0,213
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>												
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	11,052	12,810	10,427	11,417	11,693	11,638	10,483	11,157	11,076	11,917	11,367	11,367
(2) Tempo médio de processamento	0,813	0,815	0,790	0,811	0,810	0,803	0,792	0,798	0,809	0,810	0,805	0,805
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	3,004	2,906	2,661	2,986	2,936	2,822	2,756	2,748	2,959	2,779	2,856	2,856
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	3,816	3,721	3,451	3,796	3,746	3,625	3,548	3,546	3,768	3,588	3,661	3,661
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	14,868	16,531	13,878	15,213	15,439	15,263	14,031	14,703	14,844	15,505	15,028	15,028
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	4,880	4,903	4,988	4,877	4,924	4,954	4,970	4,957	4,871	4,967	4,929	4,929
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	19,748	21,434	18,866	20,091	20,363	20,217	19,000	19,661	19,715	20,473	19,957	19,957
Percentagem média de utilização	0,851	0,847	0,832	0,846	0,844	0,842	0,837	0,839	0,850	0,839	0,843	0,843
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias												

Quadro 74. Combinação de factores NEDE-BIL-FCFS e  $k_{TWK} = 12,9$

NEDE-BIL-FCFS $k_{TWK} = 38$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,816	0,817	0,817	0,818	0,816	0,818	0,811	0,820	0,822	0,827	0,818
Maq2. Utilization	0,818	0,820	0,816	0,821	0,817	0,822	0,810	0,823	0,815	0,827	0,819
Maq3. Utilization	0,819	0,822	0,815	0,820	0,818	0,819	0,809	0,824	0,821	0,830	0,820
Maq4. Utilization	0,826	0,817	0,818	0,822	0,810	0,815	0,811	0,826	0,817	0,826	0,819
Maq5. Utilization	0,815	0,821	0,818	0,821	0,820	0,818	0,814	0,824	0,825	0,827	0,820
Maq6. Utilization	0,816	0,818	0,814	0,819	0,809	0,815	0,815	0,822	0,820	0,826	0,817
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	816	841	872	858	737	774	630	967	797	988	828
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	397	574	551	498	371	453	249	792	459	745	509
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	60016	58789	58806	58386	59776	59218	59243	58890	58963	58614	59070
Número de ordens imediatamente rejeitadas	28157	29321	28587	29187	28126	28645	28539	28950	29082	29376	28797
Número de ordens imediatamente aceites	59538	58369	58604	58022	59186	58732	58260	58885	58511	58617	58672
Número de ordens que foram para negociação	2560	2699	2433	2556	2587	2538	2676	2653	2524	2625	2585
Número de ordens rejeitadas após a negociação	785	769	744	753	827	745	764	788	762	795	773
Número de ordens aceites após a negociação	1775	1930	1689	1803	1760	1793	1912	1865	1762	1830	1812
Número de ordens rejeitadas (total)	28942	30090	29331	29940	28953	29390	29303	29738	29844	30171	29570
Número de ordens chegadas	90413	90536	89801	89929	90084	90073	89653	90642	90306	90761	90220
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,343	1,706	1,480	1,581	1,339	1,535	1,377	1,948	1,665	2,014	1,599
Desvio absoluto médio (MAD)	6,833	6,795	6,833	6,781	6,923	6,893	6,971	6,724	6,799	6,681	6,823
Percentagem de atrasos	0,006	0,010	0,009	0,008	0,006	0,007	0,004	0,013	0,008	0,012	0,008
Percentagem de ordens rejeitadas	0,320	0,332	0,327	0,333	0,321	0,326	0,327	0,328	0,330	0,332	0,328
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na <i>shop</i></b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	33,292	34,990	33,968	34,640	33,515	34,172	34,822	34,684	34,220	34,763	34,307
(2) Tempo médio de processamento	0,902	0,919	0,915	0,927	0,904	0,913	0,911	0,916	0,919	0,925	0,915
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	2,613	2,690	2,657	2,708	2,557	2,608	2,460	2,809	2,680	2,876	2,666
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	3,515	3,609	3,572	3,634	3,461	3,522	3,372	3,725	3,599	3,801	3,581
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	36,807	38,599	37,540	38,274	36,976	37,694	38,194	38,409	37,819	38,564	37,888
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	6,963	6,942	6,985	6,925	7,043	7,024	7,068	6,898	6,931	6,853	6,963
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	43,770	45,541	44,525	45,200	44,019	44,717	45,262	45,307	44,750	45,417	44,851
Percentagem média de utilização	0,818	0,819	0,816	0,820	0,815	0,818	0,812	0,823	0,820	0,827	0,819
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 75. Combinação de factores NEDE-BIL-FCFS e  $k_{TWK} = 38$

**NEDE-BIL-FCFS  $k_{TWK} = 77,7$**

Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média	
Maq1. Utilization	0,814	0,808	0,816	0,806	0,818	0,810	0,815	0,814	0,813	0,814	0,814	0,813
Maq2. Utilization	0,804	0,811	0,814	0,802	0,810	0,816	0,811	0,810	0,819	0,812	0,812	0,811
Maq3. Utilization	0,807	0,804	0,815	0,806	0,815	0,810	0,814	0,814	0,817	0,821	0,812	0,812
Maq4. Utilization	0,814	0,801	0,823	0,808	0,811	0,816	0,814	0,815	0,815	0,813	0,813	0,813
Maq5. Utilization	0,807	0,803	0,808	0,807	0,815	0,816	0,819	0,813	0,814	0,810	0,811	0,811
Maq6. Utilization	0,810	0,804	0,813	0,802	0,809	0,816	0,821	0,816	0,815	0,820	0,812	0,812
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	706	681	725	634	715	876	762	775	769	692	734	734
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	500	304	356	310	398	481	483	477	480	400	419	419
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	56279	56948	56913	56886	57038	56747	57002	56974	56880	56733	56840	56840
Número de ordens imediatamente rejeitadas	31405	30855	31316	30863	31300	31234	31408	31022	31348	31205	31196	31196
Número de ordens imediatamente aceites	55831	56251	56235	56259	56538	56467	56575	56542	56486	56103	56329	56329
Número de ordens que foram para negociação	2582	2532	2582	2469	2462	2476	2503	2500	2497	2536	2514	2514
Número de ordens rejeitadas após a negociação	778	760	755	787	712	735	753	760	748	707	750	750
Número de ordens aceites após a negociação	1804	1772	1827	1682	1750	1741	1750	1740	1749	1829	1764	1764
Número de ordens rejeitadas (total)	32183	31615	32071	31650	32012	31969	32161	31782	32096	31912	31945	31945
Número de ordens chegadas	90137	89973	90498	89953	90659	90530	90822	90448	90667	90211	90390	90390
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>												
Atraso Médio	2,522	1,300	1,277	1,422	1,349	1,616	1,490	1,519	1,522	1,346	1,536	1,536
Desvio absoluto médio (MAD)	6,944	6,991	6,903	7,017	6,964	6,882	6,842	6,874	6,816	6,938	6,917	6,917
Percentagem de atrasos	0,009	0,005	0,006	0,005	0,007	0,008	0,008	0,008	0,008	0,007	0,007	0,007
Percentagem de ordens rejeitadas	0,357	0,351	0,354	0,352	0,353	0,353	0,354	0,351	0,354	0,354	0,353	0,353
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>												
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	73,684	72,639	73,648	72,120	72,641	72,697	73,063	72,663	72,880	73,731	72,977	72,977
(2) Tempo médio de processamento	0,950	0,938	0,948	0,940	0,944	0,946	0,945	0,943	0,947	0,951	0,945	0,945
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	2,584	2,511	2,613	2,476	2,568	2,697	2,668	2,639	2,705	2,610	2,607	2,607
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	3,534	3,449	3,561	3,415	3,512	3,643	3,613	3,583	3,652	3,561	3,552	3,552
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	77,218	76,088	77,209	75,535	76,153	76,340	76,676	76,246	76,532	77,292	76,529	76,529
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	7,071	7,105	7,027	7,125	7,091	7,033	6,979	7,013	6,953	7,062	7,046	7,046
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	84,289	83,193	84,236	82,661	83,243	83,373	83,655	83,258	83,485	84,354	83,575	83,575
Percentagem média de utilização	0,809	0,805	0,815	0,805	0,813	0,814	0,816	0,814	0,815	0,815	0,812	0,812

As medidas (1) a (7) estão expressa em dias

Quadro 76. Combinação de factores NEDE-BIL-FCFS e  $k_{TWK} = 77,7$

NEDE-BIL-EDD $k_{TWK} = 4,6$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,831	0,836	0,823	0,842	0,839	0,843	0,844	0,841	0,841	0,826	0,837
Maq2. Utilization	0,827	0,834	0,826	0,840	0,833	0,845	0,842	0,833	0,834	0,838	0,835
Maq3. Utilization	0,835	0,835	0,828	0,838	0,835	0,841	0,841	0,836	0,840	0,830	0,836
Maq4. Utilization	0,834	0,833	0,832	0,837	0,832	0,841	0,845	0,841	0,837	0,837	0,837
Maq5. Utilization	0,830	0,835	0,824	0,840	0,837	0,838	0,847	0,835	0,847	0,840	0,837
Maq6. Utilization	0,826	0,831	0,825	0,841	0,836	0,836	0,844	0,838	0,841	0,830	0,835
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	13336	12810	12173	12983	13626	12993	13712	12785	13405	11924	12975
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	3583	3736	3174	3416	3613	3691	3618	3199	3897	3259	3519
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	57056	57022	57066	57554	56756	57094	58118	57825	57077	57904	57347
Número de ordens imediatamente rejeitadas	15090	16210	16710	15442	15257	15565	13552	15490	15069	15910	15430
Número de ordens imediatamente aceites	72433	72011	70833	72419	72500	72165	73968	72209	72888	71367	72279
Número de ordens que foram para negociação	2456	2350	2441	2339	2214	2425	2252	2461	2339	2529	2381
Número de ordens rejeitadas após a negociação	742	699	719	696	648	735	655	766	720	719	710
Número de ordens aceites após a negociação	1714	1651	1722	1643	1566	1690	1597	1695	1619	1810	1671
Número de ordens rejeitadas (total)	15832	16909	17429	16138	15905	16300	14207	16256	15789	16629	16139
Número de ordens chegadas	90000	90600	90004	90219	90009	90186	89793	90202	90317	89834	90116
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,385	1,511	1,446	1,504	1,379	1,398	1,480	1,417	1,520	1,468	1,451
Desvio absoluto médio (MAD)	1,648	1,668	1,735	1,656	1,627	1,640	1,594	1,665	1,620	1,717	1,657
Percentagem de atrasos	0,048	0,051	0,044	0,046	0,049	0,050	0,048	0,043	0,052	0,045	0,048
Percentagem de ordens rejeitadas	0,176	0,187	0,194	0,179	0,177	0,181	0,158	0,180	0,175	0,185	0,179
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na <i>shop</i></b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	7,413	7,497	7,743	7,371	6,963	7,520	6,736	7,684	6,871	8,344	7,414
(2) Tempo médio de processamento	0,758	0,765	0,770	0,766	0,762	0,769	0,755	0,766	0,762	0,770	0,764
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	1,824	1,847	1,786	1,850	1,859	1,882	1,873	1,829	1,884	1,809	1,844
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	2,582	2,612	2,556	2,616	2,621	2,651	2,627	2,595	2,646	2,579	2,609
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	9,995	10,109	10,299	9,988	9,584	10,170	9,363	10,279	9,517	10,923	10,023
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	2,050	2,053	2,122	2,039	2,034	2,029	1,978	2,047	2,008	2,085	2,044
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	12,045	12,162	12,420	12,027	11,618	12,199	11,341	12,326	11,525	13,008	12,067
Percentagem média de utilização	0,831	0,834	0,826	0,840	0,835	0,841	0,844	0,838	0,840	0,833	0,836
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 77. Combinação de factores NEDE-BIL-EDD e  $k_{TWK} = 4,6$

**NEDE-BIL-EDD  $k_{TWK} = 12,9$**

Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,842	0,845	0,839	0,837	0,848	0,844	0,842	0,839	0,837	0,829	0,840
Maq2. Utilization	0,846	0,835	0,839	0,837	0,843	0,843	0,843	0,839	0,833	0,836	0,839
Maq3. Utilization	0,843	0,839	0,837	0,841	0,843	0,838	0,849	0,837	0,830	0,834	0,839
Maq4. Utilization	0,844	0,840	0,844	0,840	0,840	0,836	0,847	0,836	0,829	0,839	0,840
Maq5. Utilization	0,841	0,836	0,839	0,840	0,849	0,838	0,841	0,834	0,833	0,840	0,839
Maq6. Utilization	0,840	0,839	0,838	0,837	0,842	0,842	0,848	0,842	0,840	0,842	0,841
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	885	912	884	893	795	840	781	855	903	824	857
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	70	77	107	53	65	140	120	110	85	95	92
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	68501	68529	67875	67611	67747	67741	67604	68358	68681	67691	68034
Número de ordens imediatamente rejeitadas	19896	19818	20213	20342	20624	20235	21056	19539	18943	19915	20058
Número de ordens imediatamente aceites	67746	67591	66940	66523	66671	66782	66552	67586	67925	66610	67093
Número de ordens que foram para negociação	2665	2938	2912	3052	2977	2864	2879	2726	2706	2908	2863
Número de ordens rejeitadas após a negociação	831	882	873	929	941	838	834	866	842	846	868
Número de ordens aceites após a negociação	1834	2056	2039	2123	2036	2026	2045	1860	1864	2062	1995
Número de ordens rejeitadas (total)	20727	20700	21086	21271	21565	21073	21890	20405	19785	20761	20926
Número de ordens chegadas	90342	90404	90128	89986	90328	89912	90555	89897	89631	89483	90067
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,184	1,415	1,318	1,272	1,439	1,653	1,515	1,451	1,491	1,823	1,456
Desvio absoluto médio (MAD)	4,734	4,770	4,786	4,772	4,756	4,785	4,741	4,777	4,814	4,800	4,773
Percentagem de atrasos	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001
Percentagem de ordens rejeitadas	0,229	0,229	0,234	0,236	0,239	0,234	0,242	0,227	0,221	0,232	0,232
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	11,493	12,671	12,782	13,598	13,080	12,781	13,161	11,693	11,784	13,377	12,642
(2) Tempo médio de processamento	0,819	0,815	0,823	0,826	0,831	0,825	0,832	0,816	0,808	0,823	0,822
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	2,295	2,242	2,267	2,274	2,349	2,276	2,347	2,215	2,154	2,235	2,265
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	3,114	3,057	3,089	3,100	3,179	3,102	3,179	3,031	2,962	3,059	3,087
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	14,607	15,728	15,871	16,698	16,259	15,883	16,340	14,724	14,746	16,436	15,729
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	4,799	4,837	4,853	4,838	4,815	4,851	4,802	4,842	4,881	4,862	4,838
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	19,406	20,565	20,725	21,536	21,074	20,734	21,142	19,566	19,627	21,298	20,567
Percentagem média de utilização	0,842	0,839	0,839	0,839	0,844	0,840	0,845	0,838	0,834	0,837	0,840
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 78. Combinação de factores NEDE-BIL-EDD e  $k_{TWK} = 12,9$

NEDE-BIL-EDD $k_{TWK} = 38$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,813	0,821	0,818	0,822	0,819	0,820	0,813	0,819	0,817	0,819	0,818
Maq2. Utilization	0,816	0,817	0,813	0,821	0,821	0,816	0,804	0,818	0,815	0,824	0,817
Maq3. Utilization	0,817	0,809	0,816	0,816	0,818	0,819	0,811	0,816	0,814	0,820	0,815
Maq4. Utilization	0,815	0,808	0,812	0,822	0,814	0,815	0,811	0,827	0,820	0,816	0,816
Maq5. Utilization	0,815	0,815	0,812	0,823	0,819	0,822	0,812	0,824	0,818	0,818	0,818
Maq6. Utilization	0,814	0,816	0,818	0,818	0,816	0,821	0,808	0,821	0,821	0,821	0,817
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	22	66	61	65	17	51	47	28	33	42	43
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	10	66	44	36	7	17	23	4	70	34	31
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	60379	60398	59801	59493	60025	60221	60241	60281	60354	60397	60159
Número de ordens imediatamente rejeitadas	28521	28935	29068	28987	29406	28901	28618	29146	28810	28821	28921
Número de ordens imediatamente aceites	58760	58807	58160	57877	58337	58623	58511	58542	58771	58683	58507
Número de ordens que foram para negociação	2559	2568	2589	2631	2560	2518	2670	2656	2572	2677	2600
Número de ordens rejeitadas após a negociação	796	739	733	821	791	782	784	792	761	799	780
Número de ordens aceites após a negociação	1763	1829	1856	1810	1769	1736	1886	1864	1811	1878	1820
Número de ordens rejeitadas (total)	29317	29674	29801	29808	30197	29683	29402	29938	29571	29620	29701
Número de ordens chegadas	89984	90465	89982	89627	90466	90198	89946	90497	90309	90334	90181
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,500	1,744	1,576	1,500	1,143	1,059	1,348	1,000	1,829	1,618	1,432
Desvio absoluto médio (MAD)	6,862	6,884	6,845	6,799	6,841	6,916	6,961	6,790	6,831	6,860	6,859
Percentagem de atrasos	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001
Percentagem de ordens rejeitadas	0,326	0,328	0,331	0,333	0,334	0,329	0,327	0,331	0,327	0,328	0,329
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	33,628	34,367	34,558	34,701	34,318	33,680	34,303	34,673	33,890	34,562	34,268
(2) Tempo médio de processamento	0,911	0,908	0,918	0,929	0,919	0,917	0,906	0,919	0,913	0,915	0,915
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	2,545	2,542	2,611	2,659	2,595	2,615	2,478	2,676	2,636	2,630	2,599
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	3,456	3,451	3,529	3,588	3,514	3,531	3,385	3,595	3,549	3,545	3,514
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	37,084	37,818	38,087	38,289	37,832	37,211	37,688	38,268	37,439	38,107	37,782
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	6,865	6,897	6,856	6,810	6,844	6,923	6,969	6,794	6,841	6,868	6,867
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	43,949	44,714	44,943	45,099	44,676	44,135	44,656	45,062	44,279	44,975	44,649
Percentagem média de utilização	0,815	0,814	0,815	0,820	0,818	0,819	0,810	0,821	0,817	0,820	0,817
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 79. Combinação de factores NEDE-BIL-EDD e  $k_{TWK} = 38$

NEDE-BIL-EDD $k_{TWK} = 77,7$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,812	0,805	0,811	0,819	0,813	0,810	0,805	0,806	0,816	0,810	0,811
Maq2. Utilization	0,803	0,799	0,812	0,809	0,812	0,807	0,804	0,811	0,811	0,813	0,808
Maq3. Utilization	0,807	0,803	0,809	0,812	0,807	0,802	0,804	0,810	0,809	0,807	0,807
Maq4. Utilization	0,810	0,797	0,811	0,813	0,813	0,805	0,808	0,815	0,807	0,813	0,809
Maq5. Utilization	0,810	0,801	0,805	0,815	0,807	0,806	0,805	0,812	0,814	0,807	0,808
Maq6. Utilization	0,807	0,801	0,807	0,812	0,809	0,807	0,807	0,813	0,806	0,814	0,808
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	35	2	62	21	26	29	20	30	28	32	29
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	18	5	26	17	10	18	9	17	14	9	14
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	57605	57960	58237	57316	57672	57189	57929	58080	57936	57853	57778
Número de ordens imediatamente rejeitadas	31022	30827	30872	31599	31503	31360	30857	31161	31059	31377	31164
Número de ordens imediatamente aceites	56061	56358	56580	55576	55998	55586	56337	56444	56337	56276	56155
Número de ordens que foram para negociação	2495	2431	2603	2622	2520	2467	2478	2523	2474	2478	2509
Número de ordens rejeitadas após a negociação	753	727	819	763	728	765	757	778	758	751	760
Número de ordens aceites após a negociação	1742	1704	1784	1859	1792	1702	1721	1745	1716	1727	1749
Número de ordens rejeitadas (total)	31775	31554	31691	32362	32231	32125	31614	31939	31817	32128	31924
Número de ordens chegadas	89900	89959	90423	90161	90360	89794	90048	90503	90211	90474	90183
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,183	1,400	1,402	1,588	1,900	1,833	1,111	1,341	1,357	2,222	1,534
Desvio absoluto médio (MAD)	6,928	7,085	6,895	6,920	6,911	7,030	6,991	6,909	6,969	6,950	6,959
Percentagem de atrasos	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Percentagem de ordens rejeitadas	0,353	0,351	0,350	0,359	0,357	0,358	0,351	0,353	0,353	0,355	0,354
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	73,140	71,653	72,590	74,491	73,322	73,091	71,996	72,576	72,912	72,425	72,820
(2) Tempo médio de processamento	0,946	0,933	0,936	0,957	0,948	0,951	0,938	0,942	0,944	0,945	0,944
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	2,551	2,391	2,586	2,599	2,573	2,500	2,487	2,587	2,529	2,569	2,537
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	3,497	3,324	3,522	3,556	3,521	3,451	3,425	3,529	3,473	3,514	3,481
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	76,637	74,977	76,112	78,047	76,843	76,542	75,421	76,105	76,385	75,939	76,301
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	6,934	7,086	6,905	6,925	6,915	7,035	6,994	6,914	6,974	6,955	6,964
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	83,571	82,062	83,017	84,972	83,757	83,577	82,415	83,019	83,359	82,894	83,264
Percentagem média de utilização	0,808	0,801	0,809	0,813	0,810	0,806	0,806	0,811	0,811	0,811	0,809
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 80. Combinação de factores NEDE-BIL-EDD e  $k_{TWK} = 77,7$

NEDE-MIL-FCFS $k_{TWK} = 4,6$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,838	0,849	0,832	0,836	0,840	0,827	0,835	0,841	0,833	0,843	0,838
Maq2. Utilization	0,837	0,851	0,823	0,841	0,836	0,826	0,831	0,833	0,833	0,844	0,835
Maq3. Utilization	0,840	0,848	0,828	0,850	0,838	0,827	0,834	0,837	0,834	0,845	0,838
Maq4. Utilization	0,837	0,848	0,826	0,834	0,836	0,828	0,836	0,841	0,839	0,847	0,837
Maq5. Utilization	0,835	0,855	0,825	0,842	0,840	0,833	0,834	0,836	0,833	0,841	0,837
Maq6. Utilization	0,833	0,853	0,829	0,840	0,840	0,829	0,836	0,842	0,831	0,849	0,838
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	14559	14740	14550	13884	14433	14622	13545	14315	14025	14424	14310
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	25415	27347	23514	24162	24816	23413	23907	24039	23678	25840	24613
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	36139	34423	36815	35883	36261	37067	35526	36404	36263	35286	36007
Número de ordens imediatamente rejeitadas	12712	13211	13940	15792	14101	13811	16250	14236	14873	13524	14245
Número de ordens imediatamente aceites	74684	75049	73450	72386	74017	73724	71422	73201	72465	74040	73444
Número de ordens que foram para negociação	2162	2238	2276	2310	2314	2141	2468	2341	2287	2313	2285
Número de ordens rejeitadas após a negociação	643	692	702	693	737	663	758	678	696	712	697
Número de ordens aceites após a negociação	1519	1546	1574	1617	1577	1478	1710	1663	1591	1601	1588
Número de ordens rejeitadas (total)	13355	13903	14642	16485	14838	14474	17008	14914	15569	14236	14942
Número de ordens chegadas	89607	90541	89693	90514	90478	89710	90182	89791	89660	89898	90007
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	2,510	2,520	2,359	2,497	2,475	2,414	2,539	2,400	2,454	2,471	2,464
Desvio absoluto médio (MAD)	2,081	2,073	2,055	2,111	2,080	2,076	2,141	2,057	2,083	2,071	2,083
Percentagem de atrasos	0,334	0,357	0,314	0,327	0,329	0,312	0,328	0,322	0,320	0,342	0,328
Percentagem de ordens rejeitadas	0,149	0,154	0,163	0,182	0,164	0,161	0,189	0,166	0,174	0,158	0,166
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na <i>shop</i></b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	6,460	6,506	6,840	7,560	7,266	6,573	7,666	7,644	7,315	7,232	7,106
(2) Tempo médio de processamento	0,742	0,751	0,746	0,768	0,749	0,745	0,772	0,757	0,761	0,755	0,754
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	2,779	2,948	2,616	2,795	2,761	2,610	2,804	2,733	2,731	2,847	2,762
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	3,521	3,698	3,362	3,562	3,511	3,355	3,576	3,490	3,492	3,602	3,517
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	9,981	10,205	10,202	11,122	10,776	9,928	11,242	11,134	10,806	10,834	10,623
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	2,617	2,605	2,672	2,669	2,637	2,681	2,690	2,639	2,647	2,625	2,648
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	12,598	12,810	12,874	13,791	13,413	12,609	13,933	13,772	13,454	13,459	13,271
Percentagem média de utilização	0,837	0,851	0,827	0,841	0,838	0,829	0,834	0,838	0,834	0,845	0,837
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 81. Combinação de factores NEDE-MIL-FCFS e  $k_{TWK} = 4,6$

NEDE-MIL-FCFS $k_{\text{TWK}} = 12,9$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,833	0,834	0,831	0,835	0,830	0,834	0,837	0,834	0,840	0,839	0,835
Maq2. Utilization	0,829	0,828	0,835	0,833	0,829	0,835	0,839	0,835	0,841	0,837	0,834
Maq3. Utilization	0,836	0,829	0,830	0,830	0,830	0,835	0,840	0,831	0,842	0,844	0,835
Maq4. Utilization	0,838	0,830	0,831	0,831	0,835	0,837	0,832	0,837	0,838	0,845	0,835
Maq5. Utilization	0,839	0,835	0,829	0,830	0,830	0,835	0,834	0,836	0,837	0,840	0,834
Maq6. Utilization	0,835	0,829	0,831	0,828	0,830	0,835	0,839	0,836	0,840	0,839	0,834
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	4724	4688	4460	4387	4755	4934	4822	4783	4726	4919	4720
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	4637	4700	4043	4258	4701	4687	4482	4544	4234	5094	4538
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	58660	58791	58220	58642	58543	58595	59259	58298	59075	57803	58589
Número de ordens imediatamente rejeitadas	21026	20844	21792	21446	20750	20855	20863	21290	21324	21107	21130
Número de ordens imediatamente aceites	66050	66187	64748	65214	66213	66344	66602	65691	65961	65853	65886
Número de ordens que foram para negociação	3067	3014	2973	3243	2798	2900	2883	2907	3257	2942	2998
Número de ordens rejeitadas após a negociação	948	916	877	1005	869	903	876	859	999	850	910
Número de ordens aceites após a negociação	2119	2098	2096	2238	1929	1997	2007	2048	2258	2092	2088
Número de ordens rejeitadas (total)	21974	21760	22669	22451	21619	21758	21739	22149	22323	21957	22040
Número de ordens chegadas	90178	90095	89557	89934	89815	90151	90430	89922	90589	89976	90065
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	2,006	2,073	1,908	1,958	2,276	2,023	1,921	2,073	1,908	2,134	2,028
Desvio absoluto médio (MAD)	3,887	3,940	3,974	3,962	3,927	3,877	3,898	3,935	3,887	3,856	3,915
Percentagem de atrasos	0,068	0,069	0,061	0,063	0,069	0,069	0,065	0,067	0,062	0,075	0,067
Percentagem de ordens rejeitadas	0,244	0,242	0,253	0,250	0,241	0,241	0,240	0,246	0,246	0,244	0,245
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	13,788	13,885	14,299	14,367	13,101	13,041	13,583	13,841	14,180	13,981	13,807
(2) Tempo médio de processamento	0,828	0,822	0,841	0,834	0,824	0,827	0,824	0,833	0,833	0,837	0,830
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	2,905	2,842	2,800	2,823	2,876	2,894	2,850	2,870	2,901	3,034	2,879
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	3,733	3,664	3,641	3,657	3,701	3,720	3,674	3,703	3,734	3,871	3,710
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	17,521	17,549	17,940	18,024	16,802	16,761	17,257	17,544	17,914	17,852	17,516
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	4,349	4,404	4,422	4,404	4,379	4,352	4,365	4,403	4,340	4,336	4,375
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	21,870	21,953	22,362	22,428	21,180	21,113	21,623	21,947	22,254	22,188	21,892
Percentagem média de utilização	0,835	0,831	0,831	0,831	0,831	0,835	0,837	0,835	0,840	0,840	0,835
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 82. Combinação de factores NEDE-MIL-FCFS e  $k_{\text{TWK}} = 12,9$

NEDE-MIL-FCFS $k_{TWK} = 38$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,829	0,824	0,812	0,813	0,814	0,809	0,810	0,815	0,815	0,816	0,816
Maq2. Utilization	0,815	0,816	0,809	0,811	0,810	0,815	0,804	0,813	0,812	0,817	0,812
Maq3. Utilization	0,821	0,809	0,810	0,814	0,819	0,812	0,808	0,821	0,806	0,817	0,814
Maq4. Utilization	0,816	0,816	0,812	0,811	0,808	0,817	0,808	0,821	0,811	0,814	0,813
Maq5. Utilization	0,815	0,814	0,808	0,812	0,810	0,817	0,810	0,815	0,818	0,819	0,814
Maq6. Utilization	0,817	0,814	0,813	0,816	0,819	0,815	0,814	0,821	0,807	0,813	0,815
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	1124	1056	1088	1168	983	1093	951	1115	1142	1096	1082
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	872	833	747	918	524	940	622	869	936	906	817
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	57578	58384	57729	57604	57889	57618	58451	57943	57375	57168	57774
Número de ordens imediatamente rejeitadas	29815	29515	29226	29291	29299	29272	28911	29507	29182	29871	29389
Número de ordens imediatamente aceites	57830	58621	57856	58023	57689	57963	58295	58141	57738	57490	57965
Número de ordens que foram para negociação	2549	2530	2626	2582	2604	2570	2576	2651	2551	2612	2585
Número de ordens rejeitadas após a negociação	788	755	832	791	813	770	766	827	781	811	793
Número de ordens aceites após a negociação	1761	1775	1794	1791	1791	1800	1810	1824	1770	1801	1792
Número de ordens rejeitadas (total)	30603	30270	30058	30082	30112	30042	29677	30334	29963	30682	30182
Número de ordens chegadas	90389	90833	89881	90043	89755	89969	89952	90488	89646	90149	90111
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,819	1,710	1,628	1,713	1,499	1,997	1,692	1,756	1,872	1,791	1,748
Desvio absoluto médio (MAD)	5,416	5,447	5,472	5,408	5,516	5,474	5,557	5,417	5,482	5,459	5,465
Percentagem de atrasos	0,015	0,014	0,013	0,015	0,009	0,016	0,010	0,015	0,016	0,015	0,014
Percentagem de ordens rejeitadas	0,339	0,333	0,334	0,334	0,335	0,334	0,330	0,335	0,334	0,340	0,335
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na <i>shop</i></b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	36,179	35,343	35,859	35,661	35,706	35,829	35,315	36,415	35,881	36,073	35,826
(2) Tempo médio de processamento	0,928	0,913	0,919	0,919	0,924	0,921	0,910	0,921	0,922	0,931	0,921
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	2,718	2,625	2,611	2,722	2,578	2,689	2,510	2,707	2,655	2,673	2,649
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	3,645	3,538	3,530	3,641	3,502	3,611	3,419	3,628	3,577	3,604	3,570
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	39,824	38,881	39,389	39,302	39,208	39,440	38,734	40,043	39,458	39,677	39,396
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	5,576	5,599	5,625	5,577	5,646	5,635	5,688	5,576	5,650	5,622	5,619
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	45,401	44,479	45,013	44,879	44,854	45,075	44,422	45,620	45,108	45,299	45,015
Percentagem média de utilização	0,819	0,815	0,811	0,813	0,813	0,814	0,809	0,818	0,812	0,816	0,814
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 83. Combinação de factores NEDE-MIL-FCFS e  $k_{TWK} = 38$

**NEDE-MIL-FCFS  $k_{TWK} = 77,7$**

Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,812	0,815	0,807	0,820	0,819	0,807	0,813	0,804	0,809	0,806	0,811
Maq2. Utilization	0,809	0,811	0,807	0,817	0,813	0,808	0,806	0,803	0,810	0,814	0,810
Maq3. Utilization	0,813	0,808	0,806	0,816	0,819	0,813	0,811	0,805	0,807	0,813	0,811
Maq4. Utilization	0,806	0,808	0,804	0,806	0,818	0,808	0,809	0,810	0,812	0,812	0,809
Maq5. Utilization	0,811	0,806	0,805	0,817	0,815	0,809	0,814	0,806	0,807	0,809	0,810
Maq6. Utilization	0,811	0,815	0,806	0,816	0,821	0,813	0,806	0,808	0,807	0,815	0,812
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	909	1210	949	1091	1245	1090	1014	1012	1046	987	1055
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	530	977	637	833	1015	797	544	553	788	734	741
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	56011	55645	55608	55760	55306	56213	56009	55841	55370	55959	55772
Número de ordens imediatamente rejeitadas	31937	31796	31587	31926	31949	31135	31615	31800	31968	31138	31685
Número de ordens imediatamente aceites	55763	56079	55538	55940	55872	56440	55846	55719	55514	56014	55873
Número de ordens que foram para negociação	2521	2546	2586	2624	2505	2520	2593	2551	2619	2521	2559
Número de ordens rejeitadas após a negociação	788	750	797	783	730	748	796	761	806	772	773
Número de ordens aceites após a negociação	1733	1796	1789	1841	1775	1772	1797	1790	1813	1749	1786
Número de ordens rejeitadas (total)	32725	32546	32384	32709	32679	31883	32411	32561	32774	31910	32458
Número de ordens chegadas	90604	90808	90024	90828	90700	90457	90397	90419	90455	90048	90474
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,557	2,263	1,636	1,790	1,627	1,597	1,508	1,481	1,738	1,841	1,704
Desvio absoluto médio (MAD)	5,576	5,482	5,578	5,448	5,383	5,521	5,517	5,531	5,526	5,558	5,512
Percentagem de atrasos	0,009	0,017	0,011	0,014	0,018	0,014	0,009	0,010	0,014	0,013	0,013
Percentagem de ordens rejeitadas	0,361	0,358	0,360	0,360	0,360	0,352	0,359	0,360	0,362	0,354	0,359
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na <i>shop</i></b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	74,950	74,755	75,121	75,780	75,844	74,015	75,219	75,005	75,650	74,913	75,125
(2) Tempo médio de processamento	0,952	0,946	0,951	0,954	0,958	0,941	0,949	0,947	0,955	0,949	0,950
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	2,488	2,669	2,514	2,646	2,783	2,596	2,536	2,521	2,559	2,586	2,590
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	3,440	3,615	3,465	3,600	3,742	3,537	3,485	3,468	3,514	3,536	3,540
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	78,390	78,370	78,586	79,380	79,586	77,552	78,704	78,473	79,164	78,449	78,665
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	5,705	5,658	5,719	5,609	5,573	5,683	5,655	5,672	5,685	5,705	5,666
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	84,095	84,027	84,305	84,989	85,159	83,235	84,359	84,145	84,849	84,153	84,332
Percentagem média de utilização	0,810	0,811	0,806	0,815	0,818	0,810	0,810	0,806	0,809	0,811	0,811
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 84. Combinação de factores NEDE-MIL-FCFS e  $k_{TWK} = 77,7$

NEDE-MIL-EDD $k_{TWK} = 4,6$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,818	0,823	0,833	0,824	0,825	0,828	0,829	0,832	0,835	0,823	0,827
Maq2. Utilization	0,814	0,828	0,823	0,819	0,825	0,825	0,826	0,831	0,837	0,825	0,825
Maq3. Utilization	0,818	0,828	0,823	0,824	0,825	0,827	0,825	0,832	0,831	0,825	0,826
Maq4. Utilization	0,818	0,825	0,824	0,825	0,832	0,827	0,821	0,831	0,834	0,820	0,826
Maq5. Utilization	0,816	0,828	0,829	0,826	0,828	0,825	0,826	0,830	0,831	0,821	0,826
Maq6. Utilization	0,814	0,819	0,828	0,824	0,826	0,827	0,824	0,833	0,828	0,822	0,825
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	11184	12175	12082	13336	12796	12605	11492	12528	12798	11957	12295
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	3103	4016	3695	3918	3007	2976	3255	3751	3951	3178	3485
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	56539	56196	55899	53722	57201	57741	55616	55603	56045	56150	56071
Número de ordens imediatamente rejeitadas	17663	16864	17404	18063	15592	15641	18612	16974	16590	17627	17103
Número de ordens imediatamente aceites	69067	70744	70030	69299	71443	71787	68569	70275	71175	69583	70197
Número de ordens que foram para negociação	2629	2480	2557	2626	2373	2332	2623	2483	2495	2567	2517
Número de ordens rejeitadas após a negociação	760	735	792	783	719	721	744	749	785	786	757
Número de ordens aceites após a negociação	1869	1745	1765	1843	1654	1611	1879	1734	1710	1781	1759
Número de ordens rejeitadas (total)	18423	17599	18196	18846	16311	16362	19356	17723	17375	18413	17860
Número de ordens chegadas	89380	90109	90029	90018	89429	89801	89843	89754	90297	89808	89847
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,579	1,534	1,520	1,369	1,381	1,430	1,450	1,444	1,477	1,451	1,464
Desvio absoluto médio (MAD)	1,710	1,623	1,627	1,581	1,609	1,608	1,666	1,603	1,583	1,652	1,626
Percentagem de atrasos	0,044	0,055	0,052	0,055	0,041	0,041	0,046	0,052	0,054	0,045	0,049
Percentagem de ordens rejeitadas	0,206	0,195	0,202	0,209	0,182	0,182	0,215	0,197	0,192	0,205	0,199
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	8,811	8,095	8,117	8,465	7,781	7,258	8,850	7,898	7,972	8,545	8,179
(2) Tempo médio de processamento	0,778	0,769	0,779	0,783	0,765	0,761	0,792	0,781	0,772	0,779	0,776
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	1,731	1,810	1,821	1,883	1,744	1,738	1,815	1,843	1,849	1,774	1,801
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	2,509	2,579	2,600	2,666	2,509	2,499	2,607	2,623	2,621	2,552	2,577
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	11,319	10,675	10,717	11,131	10,289	9,757	11,457	10,521	10,594	11,098	10,756
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	2,055	1,980	1,986	1,988	1,981	1,968	2,023	1,975	1,953	2,015	1,993
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	13,375	12,655	12,703	13,120	12,271	11,725	13,480	12,496	12,546	13,112	12,748
Percentagem média de utilização	0,816	0,825	0,827	0,824	0,827	0,827	0,825	0,831	0,833	0,823	0,826
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 85. Combinação de factores NEDE-MIL-EDD e  $k_{TWK} = 4,6$

NEDE-MIL-EDD $k_{TWK} = 12,9$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,835	0,826	0,834	0,836	0,829	0,828	0,826	0,825	0,832	0,839	0,831
Maq2. Utilization	0,835	0,826	0,834	0,829	0,831	0,829	0,828	0,827	0,830	0,837	0,831
Maq3. Utilization	0,842	0,823	0,833	0,832	0,834	0,833	0,830	0,832	0,828	0,838	0,832
Maq4. Utilization	0,830	0,824	0,836	0,840	0,836	0,833	0,828	0,825	0,830	0,839	0,832
Maq5. Utilization	0,836	0,826	0,829	0,837	0,836	0,834	0,825	0,829	0,827	0,836	0,832
Maq6. Utilization	0,834	0,824	0,833	0,831	0,828	0,830	0,827	0,825	0,834	0,831	0,830
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	881	751	855	896	995	891	818	845	882	946	876
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	163	91	363	281	365	316	143	244	128	314	241
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	65048	65642	63468	65447	65954	65885	64773	64959	65576	63824	65058
Número de ordens imediatamente rejeitadas	23247	22201	24114	22496	21857	21917	23163	23042	22444	24133	22861
Número de ordens imediatamente aceites	63939	64345	62631	64405	65485	65029	63768	63935	64666	62932	64114
Número de ordens que foram para negociação	3310	3183	3042	3211	2831	3144	2953	3129	2963	3178	3094
Número de ordens rejeitadas após a negociação	989	896	916	921	894	961	884	945	890	945	924
Número de ordens aceites após a negociação	2321	2287	2126	2290	1937	2183	2069	2184	2073	2233	2170
Número de ordens rejeitadas (total)	24236	23097	25030	23417	22751	22878	24047	23987	23334	25078	23786
Número de ordens chegadas	90536	89782	89822	90170	90213	90145	89935	90175	90108	90295	90118
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,243	1,368	1,736	1,434	2,041	1,707	1,381	1,495	1,418	1,467	1,529
Desvio absoluto médio (MAD)	4,182	4,266	4,210	4,160	4,157	4,166	4,247	4,229	4,218	4,188	4,202
Percentagem de atrasos	0,002	0,001	0,006	0,004	0,005	0,005	0,002	0,004	0,002	0,005	0,004
Percentagem de ordens rejeitadas	0,268	0,257	0,279	0,260	0,252	0,254	0,267	0,266	0,259	0,278	0,264
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	14,957	14,807	14,816	15,036	13,105	14,071	13,806	14,912	13,980	15,160	14,465
(2) Tempo médio de processamento	0,853	0,837	0,869	0,845	0,835	0,836	0,850	0,846	0,842	0,868	0,848
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	2,393	2,223	2,437	2,390	2,331	2,334	2,302	2,298	2,288	2,472	2,347
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	3,246	3,060	3,306	3,235	3,166	3,171	3,151	3,144	3,130	3,340	3,195
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	18,203	17,867	18,122	18,271	16,271	17,242	16,957	18,056	17,110	18,500	17,660
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	4,246	4,319	4,281	4,229	4,232	4,235	4,307	4,294	4,280	4,263	4,268
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	22,449	22,186	22,403	22,500	20,502	21,476	21,264	22,350	21,389	22,763	21,928
Percentagem média de utilização	0,835	0,825	0,833	0,834	0,832	0,831	0,827	0,827	0,830	0,837	0,831
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 86. Combinação de factores NEDE-MIL-EDD e  $k_{TWK} = 12,9$

NEDE-MIL-EDD $k_{TWK} = 38$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,812	0,810	0,819	0,823	0,816	0,822	0,808	0,813	0,811	0,813	0,815
Maq2. Utilization	0,813	0,810	0,816	0,821	0,814	0,816	0,811	0,818	0,814	0,824	0,816
Maq3. Utilization	0,816	0,816	0,817	0,820	0,811	0,817	0,811	0,819	0,810	0,819	0,816
Maq4. Utilization	0,813	0,811	0,817	0,819	0,808	0,818	0,811	0,819	0,809	0,816	0,814
Maq5. Utilization	0,816	0,811	0,813	0,821	0,810	0,812	0,814	0,819	0,814	0,816	0,815
Maq6. Utilization	0,809	0,810	0,822	0,818	0,810	0,818	0,808	0,822	0,814	0,822	0,815
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	181	178	200	181	242	285	217	248	179	172	208
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	88	86	123	87	146	148	72	240	61	87	114
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	58527	59386	58664	59049	59167	58953	58994	58662	58502	59292	58920
Número de ordens imediatamente rejeitadas	30070	29429	30559	30329	29600	29798	29295	30309	30328	29871	29959
Número de ordens imediatamente aceites	57100	57967	57361	57669	57883	57653	57700	57438	57022	57880	57567
Número de ordens que foram para negociação	2549	2499	2504	2518	2561	2604	2426	2531	2556	2517	2527
Número de ordens rejeitadas após a negociação	781	767	767	764	792	787	731	722	796	762	767
Número de ordens aceites após a negociação	1768	1732	1737	1754	1769	1817	1695	1809	1760	1755	1760
Número de ordens rejeitadas (total)	30851	30196	31326	31093	30392	30585	30026	31031	31124	30633	30726
Número de ordens chegadas	89905	90075	90587	90677	90212	90211	89556	90434	90071	90429	90216
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,457	1,279	1,574	1,263	1,533	1,366	1,500	1,845	1,407	1,325	1,455
Desvio absoluto médio (MAD)	5,410	5,495	5,398	5,398	5,524	5,419	5,480	5,432	5,443	5,432	5,443
Percentagem de atrasos	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001	0,004	0,001	0,001	0,002
Percentagem de ordens rejeitadas	0,343	0,335	0,346	0,343	0,337	0,339	0,335	0,343	0,346	0,339	0,341
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na <i>shop</i></b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	36,605	35,595	36,005	36,037	35,640	36,418	35,400	36,493	36,247	35,846	36,029
(2) Tempo médio de processamento	0,933	0,918	0,935	0,934	0,920	0,929	0,923	0,934	0,933	0,928	0,929
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	2,616	2,528	2,669	2,681	2,540	2,655	2,545	2,642	2,587	2,662	2,613
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	3,549	3,446	3,605	3,615	3,460	3,584	3,468	3,576	3,520	3,589	3,541
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	40,154	39,041	39,610	39,652	39,100	40,002	38,868	40,069	39,767	39,435	39,570
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	5,432	5,518	5,424	5,420	5,556	5,456	5,506	5,470	5,464	5,453	5,470
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	45,587	44,559	45,034	45,072	44,656	45,457	44,374	45,538	45,231	44,889	45,040
Percentagem média de utilização	0,813	0,811	0,817	0,821	0,812	0,817	0,810	0,818	0,812	0,818	0,815
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 87. Combinação de factores NEDE-MIL-EDD e  $k_{TWK} = 38$

**NEDE-MIL-EDD  $k_{TWK} = 77,7$**

Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,814	0,805	0,815	0,821	0,805	0,808	0,814	0,813	0,812	0,802	0,811
Maq2. Utilization	0,812	0,807	0,806	0,816	0,804	0,810	0,816	0,810	0,810	0,800	0,809
Maq3. Utilization	0,817	0,803	0,808	0,816	0,805	0,807	0,818	0,810	0,809	0,808	0,810
Maq4. Utilization	0,814	0,806	0,813	0,808	0,803	0,807	0,809	0,812	0,810	0,805	0,809
Maq5. Utilization	0,806	0,810	0,804	0,814	0,803	0,806	0,814	0,811	0,813	0,804	0,808
Maq6. Utilization	0,816	0,805	0,811	0,811	0,802	0,814	0,811	0,814	0,813	0,803	0,810
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	194	59	202	192	167	99	255	298	309	178	195
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	181	21	67	99	186	50	386	185	177	118	147
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	57245	57398	57100	56343	57580	57838	56902	57058	56757	57326	57155
Número de ordens imediatamente rejeitadas	31761	31973	31753	32708	30894	30997	31880	32040	31899	31669	31757
Número de ordens imediatamente aceites	55931	55809	55692	54855	56210	56362	55801	55779	55530	55861	55783
Número de ordens que foram para negociação	2611	2477	2612	2649	2587	2455	2568	2592	2518	2602	2567
Número de ordens rejeitadas após a negociação	801	773	813	808	765	748	760	754	735	797	775
Número de ordens aceites após a negociação	1810	1704	1799	1841	1822	1707	1808	1838	1783	1805	1792
Número de ordens rejeitadas (total)	32562	32746	32566	33516	31659	31745	32640	32794	32634	32466	32533
Número de ordens chegadas	90632	90654	90405	90589	90039	90176	90636	90770	90302	90510	90471
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,566	1,333	1,235	1,531	2,650	1,211	2,156	1,496	1,352	1,620	1,615
Desvio absoluto médio (MAD)	5,445	5,608	5,458	5,422	5,565	5,566	5,435	5,432	5,386	5,525	5,484
Percentagem de atrasos	0,003	0,000	0,001	0,002	0,003	0,001	0,007	0,003	0,003	0,002	0,003
Percentagem de ordens rejeitadas	0,359	0,361	0,360	0,370	0,352	0,352	0,360	0,361	0,361	0,359	0,360
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	75,548	74,522	75,287	77,025	73,938	73,602	75,111	75,495	75,456	74,186	75,017
(2) Tempo médio de processamento	0,953	0,947	0,952	0,971	0,936	0,941	0,954	0,952	0,957	0,942	0,951
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	2,609	2,393	2,626	2,625	2,483	2,468	2,674	2,596	2,668	2,497	2,564
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	3,562	3,340	3,578	3,596	3,420	3,409	3,628	3,548	3,624	3,439	3,514
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	79,110	77,862	78,865	80,621	77,358	77,011	78,739	79,043	79,080	77,625	78,531
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	5,476	5,616	5,483	5,447	5,591	5,580	5,482	5,473	5,428	5,550	5,512
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	84,585	83,478	84,347	86,068	82,949	82,591	84,221	84,516	84,508	83,175	84,044
Percentagem média de utilização	0,813	0,806	0,809	0,814	0,804	0,809	0,814	0,812	0,811	0,804	0,810
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 88. Combinação de factores NEDE-MIL-EDD e  $k_{TWK} = 77,7$

NEDE-CIOP-FCFS $k_{TWK} = 4,6$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,864	0,872	0,870	0,869	0,852	0,865	0,868	0,871	0,872	0,874	0,868
Maq2. Utilization	0,869	0,868	0,863	0,873	0,857	0,869	0,870	0,870	0,868	0,881	0,869
Maq3. Utilization	0,871	0,871	0,865	0,865	0,857	0,869	0,866	0,865	0,873	0,871	0,867
Maq4. Utilization	0,866	0,867	0,867	0,863	0,848	0,863	0,865	0,871	0,874	0,874	0,866
Maq5. Utilization	0,862	0,872	0,866	0,869	0,856	0,867	0,869	0,869	0,872	0,869	0,867
Maq6. Utilization	0,869	0,865	0,871	0,871	0,861	0,864	0,867	0,872	0,870	0,870	0,868
Número de ordens lançadas devido a chegada da DMT	68358	68389	68683	68713	68780	68251	67717	68128	68276	67818	68311
Número de ordens retiradas da fila devido a DMT	1458	1391	1535	1313	1325	1416	1558	1423	1476	1488	1438
Número de ordens que tem de esperar	7527	7523	7590	7567	6838	7578	7754	7443	7646	7806	7527
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	17699	18121	17831	17918	18210	17932	17373	17583	17963	17590	17822
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	32300	31610	32270	32131	30122	31948	32335	32444	32311	32874	32035
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	36867	37331	36898	37203	38576	36831	36634	36531	36646	36064	36958
Número de ordens imediatamente rejeitadas	2886	2634	2955	2682	2320	2739	3229	2870	2901	2915	2813
Número de ordens imediatamente aceites	86317	86525	86411	86630	86413	86138	85697	85942	86314	85910	86230
Número de ordens que foram para negociação	809	791	868	870	714	839	908	901	872	863	844
Número de ordens rejeitadas após a negociação	254	256	263	251	221	255	265	290	266	240	256
Número de ordens aceites após a negociação	555	535	605	619	493	584	643	611	606	623	587
Número de ordens rejeitadas (total)	3140	2890	3218	2933	2541	2994	3494	3160	3167	3155	3069
Número de ordens chegadas	90041	89967	90268	90210	89465	89739	89880	89747	90109	89707	89913
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	2,517	2,420	2,513	2,500	2,399	2,492	2,627	2,490	2,482	2,508	2,495
Desvio absoluto médio (MAD)	4,291	4,156	4,560	4,481	4,026	4,366	4,690	4,682	4,474	4,785	4,451
Percentagem de atrasos	0,372	0,363	0,371	0,368	0,347	0,368	0,374	0,375	0,372	0,380	0,369
Percentagem de ordens rejeitadas	0,035	0,032	0,036	0,033	0,028	0,033	0,039	0,035	0,035	0,035	0,034
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,208	0,200	0,193	0,208	0,191	0,209	0,227	0,207	0,205	0,211	0,206
(2) Tempo médio de processamento	0,674	0,674	0,673	0,672	0,664	0,674	0,678	0,678	0,677	0,681	0,674
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	2,481	2,415	2,499	2,469	2,304	2,458	2,537	2,500	2,494	2,539	2,470
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	3,155	3,089	3,172	3,140	2,968	3,133	3,215	3,179	3,171	3,220	3,144
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	3,363	3,289	3,365	3,348	3,159	3,442	3,386	3,377	3,431	3,431	3,350
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	7,906	7,644	8,553	8,350	7,196	8,118	8,736	8,883	8,422	9,194	8,300
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	11,269	10,933	11,918	11,698	10,355	11,459	12,178	12,268	11,799	12,625	11,650
Percentagem média de utilização	0,867	0,869	0,867	0,868	0,855	0,866	0,867	0,870	0,871	0,873	0,867

As medidas (1) a (7) estão expressa em dias

Quadro 89. Combinação de factores NEDE-CIOP-FCFS e  $k_{TWK} = 4,6$

NEDE-CIOP-FCFS $k_{TWK} = 12,9$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,875	0,874	0,874	0,874	0,872	0,872	0,881	0,868	0,871	0,868	0,873
Maq2. Utilization	0,872	0,872	0,875	0,873	0,869	0,876	0,880	0,871	0,877	0,870	0,874
Maq3. Utilization	0,876	0,871	0,876	0,873	0,870	0,874	0,880	0,873	0,867	0,867	0,873
Maq4. Utilization	0,879	0,874	0,870	0,874	0,870	0,880	0,870	0,880	0,872	0,871	0,874
Maq5. Utilization	0,871	0,874	0,874	0,869	0,872	0,874	0,877	0,871	0,871	0,859	0,871
Maq6. Utilization	0,873	0,874	0,877	0,871	0,876	0,879	0,875	0,879	0,874	0,871	0,875
Número de ordens lançadas devido a chegada da DMT	55305	55569	55413	54930	54873	55385	55288	55281	55089	54975	55265
Número de ordens retiradas da fila devido a DMT	291	296	282	284	309	327	280	276	244	289	288
Número de ordens que tem de esperar	15882	15674	16000	15667	15643	16451	16384	15814	15923	15339	15878
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	9676	9553	9814	9507	9438	9622	9524	9597	9594	9498	9582
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	14372	14044	14119	14180	13631	14352	14746	14207	14091	13421	14116
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	64595	65180	64974	64556	65097	64788	64880	64805	64933	65414	64922
Número de ordens imediatamente rejeitadas	1198	1135	1143	1253	1221	1258	1215	1146	1149	1037	1176
Número de ordens imediatamente aceites	88406	88546	88653	87969	87921	88522	88889	88381	88383	88102	88377
Número de ordens que foram para negociação	334	353	370	342	329	359	361	318	319	306	339
Número de ordens rejeitadas após a negociação	97	113	121	94	88	97	100	75	88	91	96
Número de ordens aceites após a negociação	237	240	249	248	241	262	261	243	231	215	243
Número de ordens rejeitadas (total)	1295	1248	1264	1347	1309	1355	1315	1221	1237	1128	1272
Número de ordens chegadas	89964	90045	90184	89605	89494	90149	90505	89854	89888	89492	89918
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	2,986	3,081	3,016	3,284	3,006	3,044	3,061	3,023	3,117	2,970	3,059
Desvio absoluto médio (MAD)	7,513	7,462	7,452	7,633	7,546	7,561	7,493	7,548	7,389	7,403	7,500
Percentagem de atrasos	0,162	0,158	0,159	0,161	0,155	0,162	0,165	0,160	0,159	0,152	0,159
Percentagem de ordens rejeitadas	0,014	0,014	0,014	0,015	0,015	0,015	0,015	0,014	0,014	0,013	0,014
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,537	0,563	0,556	0,578	0,545	0,576	0,553	0,551	0,574	0,547	0,558
(2) Tempo médio de processamento	0,666	0,664	0,664	0,667	0,667	0,666	0,664	0,665	0,665	0,663	0,665
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	2,317	2,253	2,260	2,304	2,230	2,301	2,348	2,279	2,258	2,168	2,272
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	2,983	2,917	2,923	2,971	2,897	2,967	3,012	2,944	2,923	2,831	2,937
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	3,520	3,480	3,480	3,549	3,443	3,544	3,564	3,495	3,497	3,378	3,495
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	9,646	9,499	9,542	9,713	9,591	9,684	9,600	9,657	9,407	9,388	9,573
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	13,166	12,979	13,022	13,262	13,033	13,228	13,165	13,152	12,905	12,766	13,068
Percentagem média de utilização	0,874	0,873	0,874	0,872	0,871	0,876	0,877	0,874	0,873	0,868	0,873
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 90. Combinação de factores NEDE-CIOP-FCFS e  $k_{TWK} = 12,9$

NEDE-CIOP-FCFS $k_{TWK} = 38$											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
<b>Run da simulação</b>											
Maq1. Utilization	0,871	0,883	0,879	0,871	0,889	0,878	0,872	0,877	0,878	0,873	0,877
Maq2. Utilization	0,873	0,880	0,869	0,868	0,879	0,880	0,871	0,878	0,879	0,877	0,875
Maq3. Utilization	0,873	0,879	0,875	0,873	0,886	0,878	0,873	0,877	0,874	0,877	0,877
Maq4. Utilization	0,871	0,879	0,871	0,876	0,883	0,876	0,867	0,882	0,880	0,877	0,876
Maq5. Utilization	0,865	0,883	0,866	0,872	0,882	0,875	0,867	0,875	0,882	0,879	0,875
Maq6. Utilization	0,871	0,881	0,866	0,874	0,888	0,879	0,869	0,877	0,883	0,877	0,877
Número de ordens lançadas devido a chegada da DMT	72577	72831	72529	72433	72759	72666	72247	72199	72105	72582	72493
Número de ordens retiradas da fila devido a DMT	129	200	161	158	199	140	179	192	158	148	166
Número de ordens que tem de esperar	7784	8473	7661	7712	8549	8155	7789	8275	8369	8020	8079
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	3752	3717	3765	3658	3773	3780	3774	3721	3588	3782	3731
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	5191	6073	5537	5356	5973	5516	5570	5872	5838	5839	5677
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	80678	80130	80003	80170	80197	80538	79715	79746	79915	79899	80099
Número de ordens imediatamente rejeitadas	386	565	422	424	532	430	479	493	509	550	479
Número de ordens imediatamente aceites	89529	89794	89237	89116	89869	89767	88961	89232	89259	89382	89415
Número de ordens que foram para negociação	120	144	154	135	149	157	141	137	135	142	141
Número de ordens rejeitadas após a negociação	35	42	41	43	53	55	44	49	40	46	45
Número de ordens aceites após a negociação	85	102	113	92	96	102	97	88	95	96	97
Número de ordens rejeitadas (total)	421	607	463	467	585	485	523	542	549	596	524
Número de ordens chegadas	90056	90540	89815	89723	90567	90377	89604	89913	89931	90127	90065
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	2,573	3,252	2,914	2,713	2,819	2,780	2,959	2,942	2,825	2,835	2,861
Desvio absoluto médio (MAD)	22,606	22,611	22,758	22,697	22,669	22,668	22,711	22,679	22,744	22,611	22,675
Percentagem de atrasos	0,058	0,068	0,062	0,060	0,066	0,061	0,063	0,066	0,065	0,065	0,063
Percentagem de ordens rejeitadas	0,005	0,007	0,005	0,005	0,006	0,005	0,006	0,006	0,006	0,007	0,006
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,306	0,387	0,330	0,319	0,360	0,338	0,328	0,360	0,358	0,350	0,344
(2) Tempo médio de processamento	0,656	0,661	0,658	0,660	0,664	0,659	0,659	0,663	0,664	0,661	0,661
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	2,475	2,785	2,587	2,573	2,768	2,617	2,638	2,705	2,676	2,706	2,653
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	3,131	3,446	3,245	3,233	3,431	3,277	3,298	3,368	3,340	3,367	3,314
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	3,437	3,833	3,576	3,552	3,792	3,615	3,626	3,728	3,698	3,717	3,657
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	24,946	25,127	25,202	25,067	25,214	25,093	25,166	25,190	25,220	25,126	25,135
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	28,383	28,960	28,778	28,619	29,006	28,708	28,792	28,918	28,918	28,843	28,792
Percentagem média de utilização	0,871	0,881	0,871	0,872	0,885	0,878	0,870	0,878	0,879	0,877	0,876

As medidas (1) a (7) estão expressa em dias

Quadro 91. Combinação de factores NEDE-CIOP-FCFS e  $k_{TWK} = 38$

NEDE-CIOP-FCFS $k_{TWK} = 77,7$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,869	0,872	0,875	0,877	0,869	0,875	0,873	0,869	0,872	0,876	0,873
Maq2. Utilization	0,870	0,870	0,876	0,885	0,865	0,875	0,877	0,869	0,874	0,877	0,874
Maq3. Utilization	0,873	0,863	0,874	0,879	0,867	0,875	0,875	0,881	0,870	0,872	0,873
Maq4. Utilization	0,870	0,867	0,874	0,879	0,865	0,874	0,880	0,874	0,864	0,873	0,872
Maq5. Utilization	0,875	0,872	0,873	0,881	0,869	0,874	0,881	0,881	0,873	0,873	0,875
Maq6. Utilization	0,869	0,868	0,872	0,883	0,868	0,873	0,873	0,873	0,868	0,881	0,873
Número de ordens lançadas devido a chegada da DMT	72603	72665	72484	72034	72529	72433	72204	72626	72203	72322	72410
Número de ordens retiradas da fila devido a DMT	46	59	68	78	56	69	61	63	45	63	61
Número de ordens que tem de esperar	8046	7899	8145	8531	7858	8279	8317	8142	8005	8204	8143
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	1946	1830	2032	1836	1904	1843	1834	1804	1887	1840	1876
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	2732	2517	2723	2731	2534	2586	2776	2741	2668	2698	2671
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	85230	85620	85023	85110	85414	85307	85053	85378	85017	85152	85230
Número de ordens imediatamente rejeitadas	246	182	233	238	172	256	239	232	179	255	223
Número de ordens imediatamente aceites	89863	89915	89744	89604	89818	89700	89589	89923	89546	89626	89733
Número de ordens que foram para negociação	70	53	64	71	48	62	51	81	51	56	61
Número de ordens rejeitadas após a negociação	30	15	23	21	16	17	17	26	14	21	20
Número de ordens aceites após a negociação	40	38	41	50	32	45	34	55	37	35	41
Número de ordens rejeitadas (total)	276	197	256	259	188	273	256	258	193	276	243
Número de ordens chegadas	90226	90188	90068	89958	90057	90037	89931	90251	89802	89983	90050
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	2,417	2,331	2,665	2,536	2,478	2,734	2,981	2,679	2,563	2,571	2,595
Desvio absoluto médio (MAD)	47,999	47,993	48,199	48,723	47,920	48,280	48,376	48,218	48,242	48,272	48,222
Percentagem de atrasos	0,030	0,028	0,030	0,030	0,028	0,029	0,031	0,030	0,030	0,030	0,030
Percentagem de ordens rejeitadas	0,003	0,002	0,003	0,003	0,002	0,003	0,003	0,003	0,002	0,003	0,003
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,348	0,324	0,355	0,370	0,340	0,366	0,381	0,362	0,330	0,374	0,355
(2) Tempo médio de processamento	0,654	0,652	0,657	0,663	0,652	0,658	0,660	0,656	0,656	0,659	0,657
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	2,582	2,434	2,640	2,607	2,461	2,611	2,643	2,615	2,514	2,611	2,572
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	3,236	3,085	3,297	3,270	3,113	3,268	3,303	3,271	3,170	3,269	3,228
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	3,584	3,410	3,653	3,641	3,453	3,634	3,684	3,633	3,500	3,643	3,583
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	50,556	50,361	50,809	51,255	50,335	50,703	50,901	50,699	50,746	50,762	50,713
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	54,140	53,771	54,462	54,896	53,788	54,337	54,585	54,332	54,246	54,405	54,296
Percentagem média de utilização	0,871	0,869	0,874	0,881	0,867	0,874	0,876	0,875	0,870	0,875	0,873
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 92. Combinação de factores NEDE-CIOP-FCFS e  $k_{TWK} = 77,7$

NEDE-CIOP-EDD $k_{TWK} = 4,6$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 Média	
Maq1.Utilization	0,865	0,866	0,864	0,865	0,862	0,869	0,862	0,877	0,868	0,861	0,866
Maq2.Utilization	0,863	0,861	0,865	0,866	0,858	0,871	0,869	0,869	0,865	0,863	0,864
Maq3.Utilization	0,865	0,858	0,865	0,869	0,865	0,863	0,865	0,878	0,863	0,864	0,865
Maq4.Utilization	0,867	0,865	0,862	0,865	0,869	0,868	0,855	0,874	0,862	0,863	0,864
Maq5.Utilization	0,861	0,864	0,860	0,868	0,862	0,868	0,861	0,871	0,861	0,860	0,864
Maq6.Utilization	0,860	0,859	0,867	0,864	0,864	0,870	0,861	0,877	0,862	0,856	0,864
Número de ordens lançadas devido a chegada da DMT	82955	82788	82266	82160	82837	82677	82738	82062	82546	82427	82546
Número de ordens retiradas da fila devido a DMT	1	1	5	4	5	2	1	3	1	3	3
Número de ordens que tem de esperar	302	328	380	373	330	377	279	392	347	301	341
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	19827	19951	19979	19738	20001	20275	19706	20236	19599	20026	19934
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	4377	5234	5036	5373	5226	5456	5419	5851	5318	5442	5273
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	59647	58514	58265	58052	58583	57964	58509	57038	58619	57892	58308
Número de ordens imediatamente rejeitadas	5791	5970	6159	6363	5898	6453	5957	6718	5887	6210	6141
Número de ordens imediatamente aceites	82968	82815	82294	82181	82860	82692	82752	82079	82557	82442	82564
Número de ordens que foram para negociação	1293	1272	1459	1412	1337	1433	1299	1482	1377	1277	1364
Número de ordens rejeitadas após a negociação	423	395	465	414	377	416	402	446	411	374	412
Número de ordens aceites após a negociação	870	877	994	998	960	1017	897	1036	966	903	952
Número de ordens rejeitadas (total)	6214	6365	6624	6777	6275	6869	6359	7164	6298	6584	6553
Número de ordens chegadas	90076	90098	89924	89979	90112	90588	90025	90300	89859	89954	90092
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,406	1,407	1,411	1,419	1,375	1,435	1,452	1,528	1,417	1,451	1,430
Desvio absoluto médio (MAD)	4,489	4,814	5,385	5,238	5,044	5,151	4,610	5,157	5,041	4,689	4,962
Percentagem de atrasos	0,052	0,063	0,060	0,065	0,062	0,065	0,065	0,070	0,064	0,065	0,063
Percentagem de ordens rejeitadas	0,069	0,071	0,074	0,075	0,070	0,076	0,071	0,079	0,070	0,073	0,073
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,007	0,009	0,013	0,009	0,009	0,012	0,008	0,013	0,009	0,007	0,010
(2) Tempo médio de processamento	0,695	0,695	0,700	0,703	0,693	0,700	0,693	0,710	0,698	0,698	0,699
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	2,038	2,068	2,125	2,167	2,099	2,199	2,090	2,263	2,135	2,103	2,129
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	2,733	2,764	2,825	2,870	2,793	2,899	2,784	2,973	2,833	2,800	2,827
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	2,740	2,773	2,838	2,879	2,802	2,911	2,792	2,986	2,842	2,807	2,837
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	6,207	6,760	7,575	7,372	7,094	7,303	6,455	7,359	7,055	6,615	6,979
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	8,947	9,533	10,412	10,251	9,896	10,214	9,246	10,345	9,897	9,422	9,816
Percentagem média de utilização	0,863	0,862	0,864	0,866	0,861	0,868	0,859	0,874	0,863	0,861	0,864

As medidas (1) a (7) estão expressa em dias

Quadro 93. Combinação de factores NEDE-CIOP-EDD e  $k_{TWK} = 4,6$

NEDE-CIOP-EDD $k_{TWK} = 12,9$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1. Utilization	0,872	0,868	0,879	0,870	0,880	0,876	0,880	0,875	0,871	0,875	0,874
Maq2. Utilization	0,875	0,863	0,876	0,873	0,872	0,874	0,877	0,876	0,872	0,875	0,873
Maq3. Utilization	0,873	0,862	0,880	0,875	0,879	0,871	0,880	0,882	0,868	0,878	0,875
Maq4. Utilization	0,879	0,866	0,872	0,873	0,879	0,873	0,877	0,880	0,873	0,879	0,875
Maq5. Utilization	0,867	0,867	0,870	0,875	0,877	0,870	0,873	0,879	0,869	0,882	0,873
Maq6. Utilization	0,865	0,866	0,874	0,874	0,879	0,877	0,871	0,876	0,870	0,883	0,874
Número de ordens lançadas devido a chegada da DMT	86309	86240	86288	86478	86407	86233	85795	85547	86310	86346	86195
Número de ordens retraiadas da fila devido a DMT	48	53	53	40	46	43	56	48	41	51	48
Número de ordens que tem de esperar	271	259	298	287	296	291	307	337	282	294	292
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	4506	4547	4383	4311	4277	4511	4217	4257	4377	4372	4376
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	271	248	266	259	228	272	259	242	261	249	256
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	82311	82168	82408	82693	82656	82223	82156	81847	82431	82482	82338
Número de ordens imediatamente rejeitadas	2616	2359	2925	2755	3040	2656	3059	3066	2784	2964	2822
Número de ordens imediatamente aceites	86680	86606	86669	86812	86754	86582	86170	85894	86647	86697	86551
Número de ordens que foram para negociação	583	518	572	606	631	581	640	659	635	602	603
Número de ordens rejeitadas após a negociação	178	158	167	172	224	164	196	193	211	187	185
Número de ordens aceites após a negociação	405	360	405	434	407	417	444	466	424	415	418
Número de ordens rejeitadas (total)	2794	2517	3092	2927	3264	2820	3255	3259	2995	3151	3007
Número de ordens chegadas	89905	89499	90178	90196	90443	89839	89896	89626	90081	90279	89994
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,041	1,060	1,060	1,042	1,053	1,037	1,050	1,045	1,050	1,060	1,050
Desvio absoluto médio (MAD)	8,287	8,045	8,332	8,290	8,217	8,264	8,353	8,579	8,337	8,211	8,291
Percentagem de atrasos	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
Percentagem de ordens rejeitadas	0,031	0,028	0,034	0,032	0,036	0,031	0,036	0,036	0,033	0,035	0,033
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,006	0,007	0,008	0,008	0,009	0,007	0,010	0,010	0,007	0,010	0,008
(2) Tempo médio de processamento	0,676	0,672	0,679	0,676	0,679	0,678	0,683	0,686	0,675	0,681	0,678
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	1,855	1,760	1,919	1,895	1,963	1,848	1,965	1,957	1,890	1,926	1,898
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	2,531	2,432	2,598	2,571	2,642	2,526	2,648	2,643	2,564	2,607	2,576
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	2,537	2,439	2,606	2,579	2,651	2,533	2,657	2,653	2,572	2,617	2,584
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	8,765	8,511	8,799	8,745	8,662	8,741	8,805	9,047	8,803	8,667	8,754
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	11,302	10,950	11,405	11,324	11,312	11,274	11,462	11,700	11,374	11,284	11,339
Percentagem média de utilização	0,872	0,865	0,875	0,874	0,877	0,874	0,876	0,878	0,870	0,879	0,874
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 94. Combinação de factores NEDE-CIOP-EDD e  $k_{TWK} = 12,9$

NEDE-CIOP-EDD $k_{TWK} = 38$											
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Maq1.Utilization	0,882	0,878	0,881	0,875	0,877	0,867	0,870	0,880	0,876	0,866	0,875
Maq2.Utilization	0,887	0,885	0,878	0,873	0,876	0,869	0,867	0,874	0,877	0,873	0,876
Maq3.Utilization	0,876	0,875	0,880	0,874	0,874	0,872	0,873	0,883	0,877	0,872	0,875
Maq4.Utilization	0,874	0,877	0,875	0,872	0,878	0,876	0,873	0,883	0,875	0,876	0,876
Maq5.Utilization	0,876	0,883	0,879	0,868	0,873	0,871	0,868	0,882	0,876	0,870	0,875
Maq6.Utilization	0,875	0,878	0,873	0,873	0,876	0,871	0,861	0,884	0,878	0,879	0,875
Número de ordens lançadas devido a chegada da DMT	88874	88799	88652	88942	88813	88743	88704	89263	88859	88858	88851
Número de ordens retiradas da fila devido a DMT	10	12	10	18	12	19	11	11	9	16	13
Número de ordens que tem de esperar	107	102	94	105	104	107	104	96	105	101	103
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	1442	1436	1498	1515	1501	1558	1506	1455	1556	1570	1504
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	85	73	90	80	66	89	93	73	62	76	79
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	87598	87525	87309	87581	87475	87320	87373	87966	87461	87460	87507
Número de ordens imediatamente rejeitadas	1033	1106	1000	917	981	929	948	1062	1046	909	993
Número de ordens imediatamente aceites	88964	88891	88750	89050	88905	88835	88799	89342	88944	88968	88945
Número de ordens que foram para negociação	218	215	192	176	213	199	224	212	219	188	206
Número de ordens rejeitadas após a negociação	60	72	51	49	64	65	67	60	71	56	62
Número de ordens aceites após a negociação	158	143	141	127	149	134	157	152	148	132	144
Número de ordens rejeitadas (total)	1093	1178	1051	966	1045	994	1015	1122	1117	965	1055
Número de ordens chegadas	90233	90223	89969	90159	90108	89975	90002	90641	90220	90090	90162
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>											
Atraso Médio	1,024	1,068	1,033	1,113	1,106	1,011	1,043	1,014	1,032	1,066	1,051
Desvio absoluto médio (MAD)	23,910	23,891	23,912	23,675	23,815	23,709	23,701	23,803	23,843	23,709	23,797
Percentagem de atrasos	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Percentagem de ordens rejeitadas	0,012	0,013	0,012	0,011	0,012	0,011	0,011	0,012	0,012	0,011	0,012
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>											
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,003	0,003	0,002	0,003	0,003	0,004	0,003	0,003	0,004	0,003	0,003
(2) Tempo médio de processamento	0,665	0,667	0,666	0,660	0,664	0,661	0,659	0,664	0,664	0,661	0,663
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	1,800	1,811	1,766	1,717	1,763	1,708	1,763	1,813	1,789	1,715	1,765
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	2,465	2,478	2,433	2,377	2,426	2,369	2,422	2,477	2,453	2,377	2,428
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	2,468	2,481	2,435	2,381	2,429	2,373	2,425	2,480	2,457	2,380	2,431
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	24,325	24,302	24,345	24,105	24,240	24,155	24,133	24,215	24,283	24,154	24,226
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	26,793	26,783	26,780	26,486	26,669	26,528	26,558	26,695	26,740	26,534	26,657
Percentagem média de utilização	0,878	0,879	0,878	0,873	0,876	0,871	0,869	0,881	0,876	0,873	0,875
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias											

Quadro 95. Combinação de factores NEDE-CIOP-EDD e  $k_{TWK} = 38$

NEDE-CIOP-EDD $k_{TWK} = 77,7$										
Run da simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 Média
Maq1. Utilization	0,878	0,873	0,874	0,874	0,876	0,872	0,890	0,879	0,872	0,876
Maq2. Utilization	0,882	0,874	0,864	0,867	0,864	0,875	0,887	0,876	0,878	0,875
Maq3. Utilization	0,879	0,874	0,865	0,871	0,869	0,871	0,882	0,883	0,876	0,875
Maq4. Utilization	0,878	0,872	0,867	0,869	0,871	0,870	0,880	0,877	0,872	0,873
Maq5. Utilization	0,871	0,870	0,860	0,871	0,872	0,879	0,882	0,879	0,874	0,874
Maq6. Utilization	0,870	0,871	0,867	0,876	0,871	0,872	0,881	0,878	0,870	0,874
Número de ordens lançadas devido a chegada da DMT	88429	88385	87576	87724	88118	87524	88394	88321	87781	88024
Número de ordens retiradas da fila devido a DMT	19	24	27	34	29	23	20	32	20	26
Número de ordens que tem de esperar	617	542	588	614	656	606	657	638	591	618
Número de ordens entregues <i>just-in-time</i>	836	737	783	814	738	754	806	768	803	772
Número de ordens concluídas após a <i>due date</i>	49	35	49	40	39	51	54	40	49	45
Número de ordens concluídas antes da <i>due date</i>	89160	89115	88368	88489	88961	88268	89209	89118	88553	88900
Número de ordens imediatamente rejeitadas	343	321	348	364	390	414	448	368	407	387
Número de ordens imediatamente aceites	89999	89843	89168	89285	89674	89008	89992	89874	89331	89551
Número de ordens que foram para negociação	92	73	78	81	77	97	111	89	72	88
Número de ordens rejeitadas após a negociação	32	24	25	20	21	30	36	28	22	27
Número de ordens aceites após a negociação	60	49	53	61	56	67	75	61	50	62
Número de ordens rejeitadas (total)	375	345	373	384	411	444	484	396	429	414
Número de ordens chegadas	90441	90250	89598	89743	90161	89535	90568	90344	89855	90159
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a entrega</b>										
Atraso Médio	1,000	1,486	1,959	2,200	1,051	2,235	1,037	1,675	2,673	2,501
Desvio absoluto médio (MAD)	49,427	49,333	49,352	49,574	49,241	49,786	49,776	49,634	49,618	49,564
Percentagem de atrasos	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000
Percentagem de ordens rejeitadas	0,004	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005	0,005
<b>Medidas de desempenho relacionadas com a carga na shop</b>										
(1) Tempo médio de permanência na <i>pre shop pool</i>	0,027	0,023	0,032	0,031	0,032	0,035	0,028	0,028	0,030	0,030
(2) Tempo médio de processamento	0,657	0,655	0,655	0,658	0,655	0,662	0,662	0,659	0,660	0,659
(3) Tempo médio gasto em fila no <i>shop floor</i>	1,620	1,582	1,579	1,616	1,620	1,675	1,747	1,641	1,658	1,647
(4) Tempo médio de permanência no <i>shop floor</i> (2)+(3)	2,277	2,237	2,234	2,274	2,275	2,337	2,410	2,300	2,318	2,306
(5) Tempo médio de fluxo (1)+(4)	2,304	2,260	2,265	2,305	2,307	2,371	2,438	2,328	2,349	2,336
(6) Tempo médio de permanência em prod. acabados	49,917	49,759	49,815	50,051	49,670	50,238	50,255	50,083	50,093	50,018
(7) Tempo médio de permanência no sistema (5)+(6)	52,221	52,019	52,080	52,356	51,977	52,609	52,693	52,411	52,442	52,354
Percentagem média de utilização	0,876	0,872	0,866	0,871	0,870	0,873	0,884	0,879	0,874	0,880
As medidas (1) a (7) estão expressa em dias										

Quadro 96. Combinação de factores NEDE-CIOP-EDD e  $k_{TWK} = 77,7$