



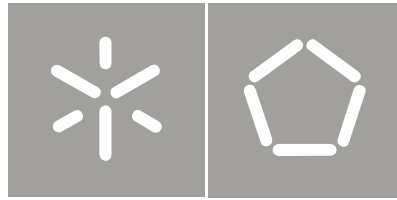
Universidade do Minho
Escola de Engenharia

2024 | José António Ferreira da Costa | Estudo de alternativas de ambientes de produção numa fábrica do ramo automóvel

José António Ferreira da Costa

Estudo de alternativas de
ambientes de produção numa
fábrica do ramo automóvel

Outubro de 2024



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

José António Ferreira da Costa

**Estudo de alternativas de
ambientes de produção numa
fábrica do ramo automóvel**

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Engenharia e Gestão
Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação de:
**Professora Doutora Maria Leonilde R.
Varela**

Outubro de 2012

À Margarida, Tiago e Rafael

AGRADECIMENTOS

O fim de uma tarefa extremamente árdua, como é a elaboração de uma dissertação para tese de mestrado, é algo que nos deixa com um sentimento marcado de realização pessoal.

À Professora Doutora Leonilde Varela, orientadora desta dissertação, agradeço todo o empenho, disponibilidade e todos os conselhos valiosos que me serviram de guia neste percurso.

À empresa Trekar pela disponibilidade de tempo que me proporcionou para poder efetuar os meus estudos.

Agradeço a todos os que me permitiram chegar ao ponto onde me encontro hoje.

A todos o meu sincero reconhecimento.

RESUMO

Estudo de alternativas de ambientes de produção numa fábrica do ramo automóvel

Neste trabalho pretende-se encontrar solução para dois problemas com os quais a empresa Trecar é confrontada.

O primeiro prende-se com a necessidade de encontrar a disposição apropriada para produzir, com um conjunto de moldes pré-aquecidos, através do processo de termoformagem, peças que irão servir de isolantes acústicos em veículos automóveis. Existem cenários alternativos propostos que serão analisados a fim de se perceber qual é o que poderá permitir obter uma melhor solução.

A análise será feita com base nos resultados do makespan para processar o conjunto de lotes de peças. Abordaremos os sistemas de produção que podem ser implementados, as suas vantagens e desvantagens.

O segundo é a necessidade de sequenciar os trabalhos de forma a obter uma taxa de utilização prevista pela empresa e a manter os inventários nivelados. No entanto esta sequenciação deve ser obtida de uma forma rápida de modo a não serem dispendidos muitos recursos nessa procura.

No sentido de encontrar essa solução será tido em conta a taxa de ocupação como um dos indicadores chave de critério de diferenciação.

Palavras-chave: Sequenciação, *Layout*, Sistemas de Produção

ABSTRACT

Study of alternative production environments in a factory automotive

This work aims at finding a solution for two problems with which the Trecar company is confronted.

The first relates to the need to find a suitable pattern to produce a set of preheated molds through a thermoforming process, through which parts that will serve as sound insulation in vehicles are obtained.

Alternative scenarios are proposed, which are analyzed in order to realize which can provide a better solution. This analysis will be based on the results of the makespan to process the pieces of artworks.

We will analyse production systems that can be implemented, their advantages and disadvantages.

The second aim is the need to sequence the jobs in order to obtain a high production system utilization rate and to maintain adequate stocks levels. However, this should be obtained based on fast and heuristic-based sequencing procedures, in order to reduce problems complexity and its resolution process.

Keywords - Sequencing, *Layout*, Production System

Índice

Agradecimentos	iv
Resumo	v
Abstract	vi
Índice	vii
Índice de Figuras	ix
Índice de Tabelas	xi
Lista de Siglas	xii
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Motivação.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.4. Estrutura do Relatório.....	4
2. A empresa	5
3. Revisão da Literatura	11
3.1. Introdução	11
3.2. Sistemas de Produção.....	11
3.3. Implantação ou Layout	22
3.4. Escalonamento da Produção	30
3.5. Indicadores de desempenho.....	40
3.6. Resumo do Capítulo.....	42
4. Caso de Estudo	43
4.1. Introdução	43

4.2. Contextualização e caracterização do problema real.....	43
4.3. Estudo do Layout.....	48
4.3.1. Descrição de Cenários	48
4.3.2. Análise de Resultados.....	52
4.4. Estudo do método de escalonamento.....	55
4.4.1. Critérios e objetivos.....	55
4.4.2. Heurísticas.....	57
4.5. Resumo do Capítulo.....	67
5. Conclusão.....	69
5.1. Trabalho Futuro.....	70
Bibliografia	72
Anexo A - Pedidos usados nos testes de escalonamento	77
Anexo B - Resultados dos testes de critérios	81
Anexo C - Resultados das sequências	84

Índice de Figuras

Figura 1 - Escritórios da empresa Trecar	5
Figura 2 - Organigrama da empresa.....	6
Figura 3 - Capa Couro; Tecido foamizado; Guarnição velocidades; Fundo de Mala	7
Figura 4 - Localização dos artigos no carro.....	7
Figura 5 - Atelier de foamização	8
Figura 6 - Corte têxtil e couro.....	9
Figura 7 - Atelier de Confeção	9
Figura 8 - Atelier de HAPP	10
Figura 9 - Esquema de um sistema	14
Figura 10 - Gráfico Q-P.....	28
Figura 11 - Diagrama de fluxo de informação num sistema de produção.....	37
Figura 12 - Exemplos de peças a obter.	45
Figura 13 - Processo de Produção.....	45
Figura 14 - Esquema do cenário 1.....	49
Figura 15 - Esquema do cenário 2.....	50
Figura 16 - Esquema do cenário 3.....	50
Figura 17 - Diagrama para uma linha de produção.....	57

Fórmula 1 - Fórmula para calcular critério.....	56
Gráfico 1 - <i>Makespan</i> valores obtidos para cada situação alternativa (1 to 500) em cada cenário (1, 2 e 3).....	52
Gráfico 2 - Percentagem de valores obtidos abaixo da média nos cenários 1, 2 e 3.....	54
Gráfico 3 - Resultados dos testes efetuados.....	65
Gráfico 4 - Média dos testes.	66

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação de Sistemas de produção.....	17
Tabela 2 - Dados de processo dos modelos.....	47
Tabela 3 - Exemplos da Sequência de moldes.	51
Tabela 4 - Principais resultados das sequências estudadas.....	53
Tabela 5 - Resultados de critérios nos testes.....	64

LISTA DE SIGLAS

ATA - ACTIVITÉ TEXTILE ET ASPECT

HAPP - HABITACLE ACUSTIC ET PANNEAU PORTES

ASC - ACTIVITÉ SIÈGES ET COMPOSANTS

CNC - COMPUTER NUMERIC CONTROL

FIFO - FIRST IN FIRST OUT

EDD - EARLIEST DUE DATE

SPT - SHORTEST PROCESSING TIME

LPT - LONGEST PROCESSING TIME

LIFO - LAST IN FIRST OUT

MWKR - MOST WORK REMAINING

LWKR - LEAST WORK REMAINING

FMED - FLOW TIME MEDIUM

KPI - KEY PERFORMANCE INDICATORS

WIP - WORK IN PROCESS

TNT - TECIDO NÃO TECIDO

1. INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

As empresas ligadas à indústria, nomeadamente as do setor da indústria automóvel estão inseridas num processo dinâmico, competitivo e em constante evolução. Isto requer uma busca incessante na melhoria do planeamento da produção, gestão das operações, dos processos de fabrico e do *layout*. Estas melhorias permitem responder de uma forma mais expedita ao mercado cada vez mais exigente, com curtos prazos de entrega, qualidade acrescida, custo reduzido e elevado nível de reatividade.

Um planeamento adequado da produção permite responder a estes prazos e custos, mas dada a complexidade dos problemas de escalonamento da produção e a escassez de tempo de que geralmente se dispõe para a sua resolução, em muitos casos, não é possível determinar uma solução ótima, tornando-se imprescindível recorrer ao que geralmente se designam de procedimentos ou métodos heurísticos.

Os métodos heurísticos são métodos apropriados para a resolução de problemas de grandes dimensões, que embora não garantam a obtenção de soluções ótimas, são procedimentos expeditos e permitem, geralmente, obter soluções boas ou pelo menos aceitáveis, podendo mesmo chegar à solução ótima. Estes métodos têm sido cada vez mais explorados, como é o caso dos métodos de pesquisa na vizinhança.

Os sistemas de produção incluem diversos interesses distintos, principalmente a respeito de: o arranjo e a operação das máquinas, das ferramentas, do material, das pessoas e da informação para produzir um produto com incremento de valor físico, informativo, ou do serviço cujo sucesso e custo seja caracterizado por parâmetros mensuráveis.

Enquanto o projeto do sistema de produção cobre todos os aspetos da criação e da operação de um sistema de produção, criá-lo inclui um jogo de decisões a serem tomadas. Elas englobam a seleção do equipamento, arranjo do equipamento físico, projeto de trabalho (manual ou automático) e normalização.

Por outro lado, a operação de um sistema inclui todos os aspetos que são necessários para funcionar na fábrica criada, isto é, identificação do problema e seu processo de resolução, como indicado por Cochran e por Dobbs (2002).

Uma das principais causas para a baixa produtividade é a incapacidade de utilizar o máximo dos recursos devido a uma gestão deficitária, a um fraco planeamento, uma organização e *layout* desadequado.

1.2. MOTIVAÇÃO

A motivação para este trabalho surgiu da necessidade de resolver um problema novo para a empresa Trecar.

Será necessário definir uma nova implantação para as máquinas a serem utilizadas. Existe também a necessidade de criar um método expedito de executar o planeamento para essas mesmas máquinas.

Apesar dos diferentes estudos já realizados, muitos deles ficaram apenas no nível teórico. Assim surgindo a oportunidade de aplicar ou poder estudar para aplicar esses métodos, torna este trabalho bastante interessante.

É nossa convicção de que é possível encontrar um método que resolva estas situações de uma forma simplificada, ajudando mais claramente as pessoas diretamente relacionadas com a produção.

Como se poderá ver ao longo deste trabalho, trata-se de um problema de escalonamento de alguma complexidade.

1.3. OBJETIVOS

Este trabalho visa validar disposições alternativas dos equipamentos para a execução de 12 artigos diferentes numa secção de produção. Consequentemente, o problema em mãos consiste em avaliar alguns cenários alternativos de disposição e o planeamento da produção para produzir o conjunto de peças, com o intuito de minimizar o *makespan* e aumentar a taxa de utilização das máquinas.

Para realizar isto, um jogo de fluxos da produção, baseado nos arranjos físicos alternativos, principalmente na orientação do produto, como linhas ou células de produção, são analisados para posterior implementação na empresa Trekar.

Após encontrar a melhor disposição pretende-se, também, através de uma pequena heurística, definir um método para executar o planeamento da melhor forma.

1.4. ESTRUTURA DO RELATÓRIO

Para uma melhor exposição das ideias principais subjacentes a este trabalho esta tese é organizada como se segue.

No segundo capítulo é feita a apresentação da empresa sobre a qual se irá efetuar a análise do caso prático.

No terceiro capítulo temos uma breve revisão da literatura sobre alguns dos problemas relacionados e similares com os apresentados no caso prático.

No quarto capítulo é apresentado o caso prático do problema estudado e onde também apresentaremos uma análise aos resultados principais obtidos.

Por fim, no quinto e último capítulo, é apresentada a conclusão da tese, assim como as recomendações em termos de trabalho futuro.

2. A EMPRESA

A empresa que serve de base para este relatório foi fundada em 1982 por Afonso Leite Castro com capital cem por cento português. Em 1985 associou-se ao grupo francês Trèves que adquiriu uma percentagem da empresa. Atualmente, após aquisição do restante capital, ela pertence na totalidade ao grupo Trèves.

A empresa possui atualmente duas naves industriais; uma em São João da Madeira, localização desde a sua origem, e outra em Cesar - Oliveira de Azeméis.



Figura 1 - Escritórios da empresa Trekar

O organigrama atual da empresa é o seguinte:

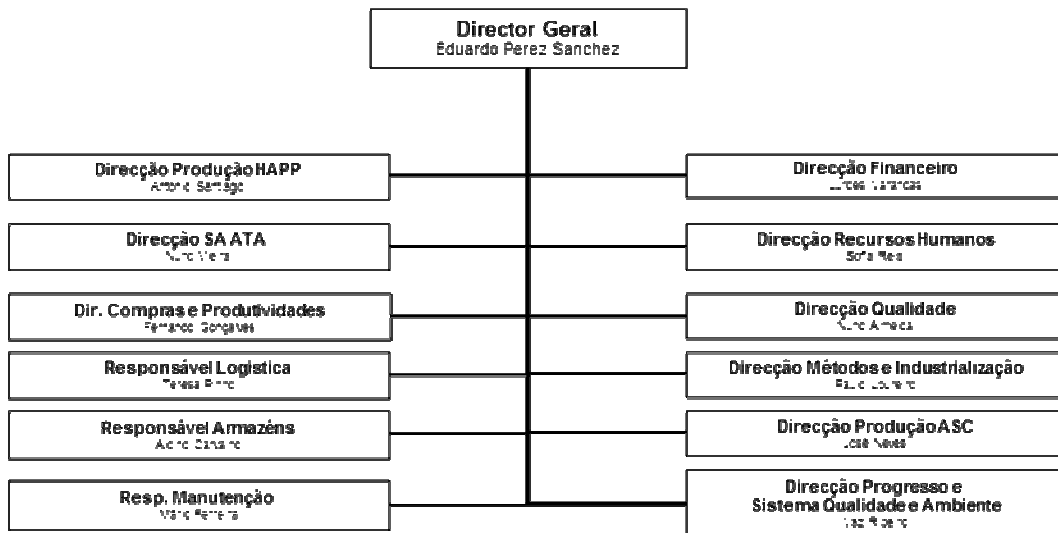


Figura 2 - Organigrama da empresa

Os principais clientes da empresa são: Grupo PSA, Renault, Nissan, Honda e o Grupo Volkswagen.

O início da atividade começou com a foamização de tecidos e o corte têxtil desses mesmos tecidos para a indústria automóvel. Ao longo dos anos a empresa foi diversificando os seus produtos.

Podemos ver nas imagens seguintes, alguns desses artigos e onde eles são colocados no carro.



Figura 3 - Capa Couro; Tecido foamizado; Guarnição velocidades; Fundo de Mala

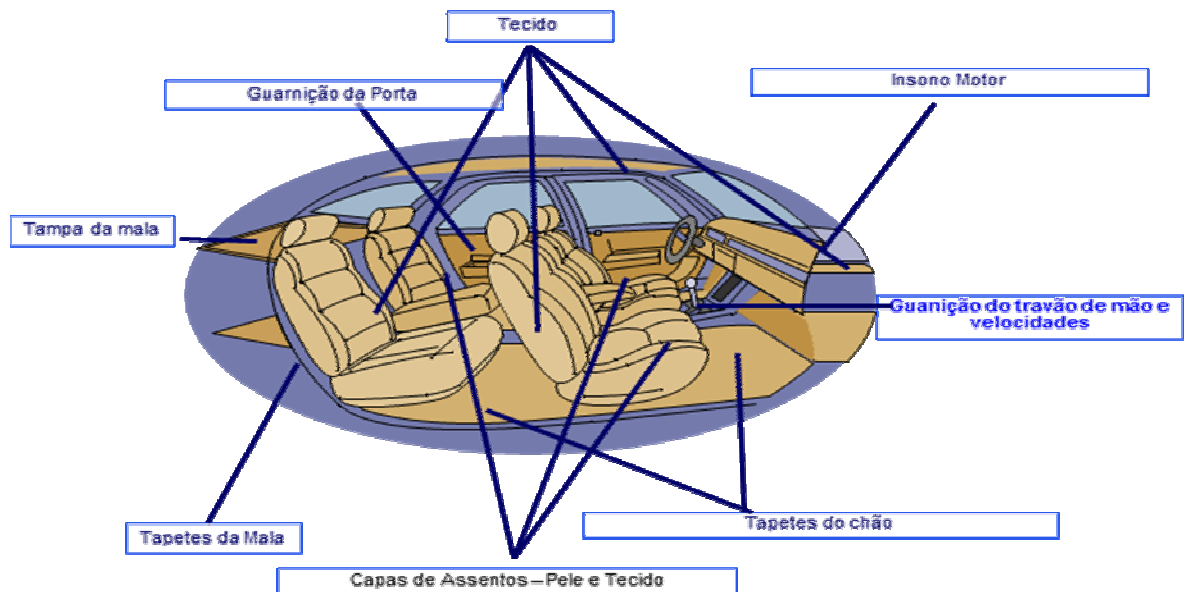


Figura 4 - Localização dos artigos no carro

Estes artigos são produzidos em 3 atividades;

ATA (ACTIVITÉ TEXTILE ET ASPECT)- Foamização de tecido, com 500m² uma linha de montagem do composto espuma, tecido, com acumuladores de tecido e uma capacidade de cerca de 17 000 m por dia;



Figura 5 - Atelier de foamização

ASC (ACTIVITÉ SIÈGES ET COMPOSANTS) Corte e costura têxtil.

Uma parte do atelier é composta pelo secção de corte com 1250 m², onde existem três máquinas de corte CNC (Computer Numeric Control) têxtil, uma CNC de corte couro e uma prensa de corte de rolos.



Figura 6 - Corte têxtil e couro

Na outra parte do atelier com 1400 m², existe secção da confeção onde existem 150 máquinas de costura e trabalham 100 costureiras.



Figura 7 - Atelier de Confeção

HAPP (Habitable, Acoustic et Panneaux des Portes) - Peças habitáculo, acústica e tapetes. Localizada em Cesar é onde atualmente se produzem

os tapetes, fundos da mala e insonorizantes para motores. Existem três linhas produtivas.



Figura 8 - Atelier de HAPP

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo pretende-se efetuar uma abordagem resumida da literatura existente, de um modo geral, sobre os temas centrais da tese relacionados com os sistemas de produção, a implantação ou *layout* e escalonamento ou programação da produção.

Neste capítulo podemos encontrar referenciação a alguma bibliografia que serviu de base a este estudo.

Numa primeira parte iremos ver aspetos gerais relacionados com os sistemas de produção e tipos de *layouts* existentes para os estes. Na segunda parte teremos uma abordagem ao escalonamento ou programação da produção, a sua complexidade e indicadores a utilizar.

3.2. SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Spearmen *et al* (2000) define o sistema de produção como uma organização limitada de componentes interligados e interdependentes, mantidos num estado estável de relação entre eles com a finalidade de realizar bens pré-estabelecidos.

Hitomi (1996) classifica o sistema de produção de várias formas:

- Físicos/concretos versus Abstratos/Conceituais

- Fechados versus Abertos
- Estáticos versus Dinâmicos
- Rígidos versus Flexíveis
- Determinísticos versus Estocásticos
- Natural versus Artificial
- Controlado versus Não Controlado

Pidwirny (2006) observa que a maioria dos sistemas de produção possui as mesmas características comuns. Estas características comuns incluem os seguintes pontos:

1. Sistemas têm uma **estrutura** que é definida pelas suas partes e processos.
2. Sistemas são uma **generalização** da realidade.
3. Sistemas tendem a **funcionar** da mesma maneira. Isto envolve as **entradas** e **saídas** de material (de energia e / ou matéria) que é então processado fazendo com que ele mude de alguma forma.
4. As várias partes de um sistema têm relações **funcionais** e **estruturais** entre si.

5. O facto de existir uma relação funcional entre as partes sugere que o **fluxo** e a **transferência** de algum tipo de **energia** e/ou outras **matérias** entre elas.
6. Sistemas muitas vezes trocam de energia e/ou matéria para além do seu limite definido com o meio exterior e/ou outros sistemas, por meio de entrada e saída de vários processos.
7. Relações funcionais podem apenas ocorrer devido à presença de uma **força de condução**.
8. As peças que compõem um sistema apresentam algum grau de **integração** - em outras palavras, as partes trabalham bem juntas.

Verifica-se que os conceitos mais importantes a reter de um sistema de produção são: o *input* (entrada), o *output* (saída), os elementos ou subsistemas internos, o processamento (conversão ou estrutura de tomada de decisão) e o *feedback* ou realimentação do sistema e sua informação.

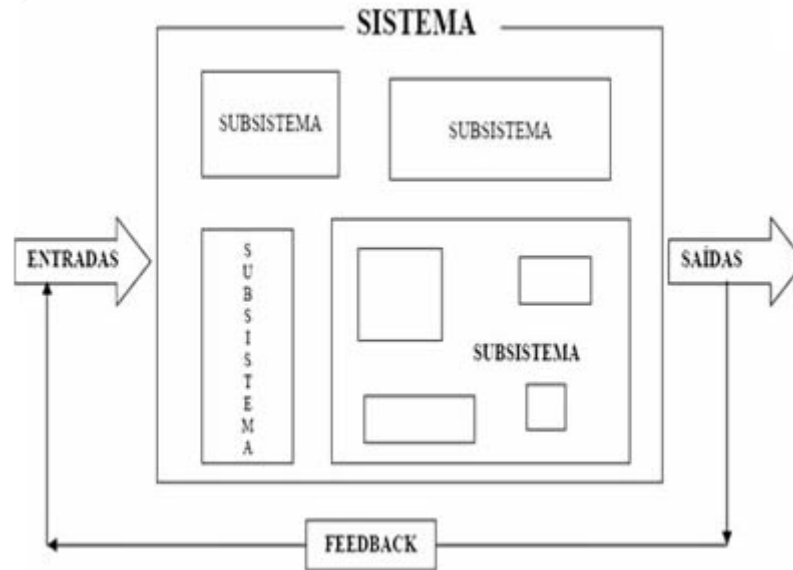


Figura 9 - Esquema de um sistema

Uma das etapas mais importante de um sistema de produção é a sua concepção. Nela deve ser tido em conta o objetivo para qual o sistema é criado e as partes que o irão constituir. A importância de um bom sistema de produção é cada vez maior. Num mundo, cada vez mais globalizado, os impactos das variações que possam ocorrer na produção, na gestão, na economia, na política, etc.. tende a ser cada vez sentida em todo o lado. Podemos verificar exatamente isto no momento atual que o mundo atravessa, onde a baixa de consumo num ponto do globo afeta a produção e o crescimento noutra ponto.

O progresso no modo de transmitir informação, com as redes atuais de computadores, faz com que seja muito mais fácil ter acesso a um número cada vez maior de dados e análises. Estes permitem um melhor controlo do sistema de produção.

As características básicas no desenho de um sistema de produção é a sua operacionalidade. Os componentes a ter em conta são as variáveis controláveis e os parâmetros incontroláveis (Hitomi 1996).

A conceção de um sistema de produção pode ser considerada como uma decisão dinâmica, isto deve-se ao facto de poder estar em constante mutação, mesmo após a sua concretização, uma vez que podem ser alteradas as condições iniciais.

Os sistemas de produção são reconhecidos como sendo uma função que converte matéria-prima em produtos acabados e a sua função é controlada pelo sistema de gestão que efetua o seu controlo e o planeamento (Hitomi, 1962 in Hitomi, 1996).

Os dados de entrada nos sistemas de produção são as matérias-primas, equipamento, mão-de-obra e o capital que com eles obtemos os produtos finais (bens ou serviços).

Spearman et al (2000) decompõe um sistema de produção em quatro fases:

- *Ter um objetivo*, o sistema de produção deve ter um objetivo para o qual vai ser construído, geralmente é ganhar dinheiro;

- *Conter um Processo*, isto pode incluir um processo físico ou simplesmente de serviço;

- *Entidades*, não só a parte a ser produzida, mas também a informação do sistema;

- *Um fluxo*, que irá circular entre as entidades e servirá para descrever como a informação circula.

Num modo geral as classificações dos sistemas produtivos, de acordo com as quantidades produzidas do produto, são três tipos básicos de produção (Groover 1987, citado em Carvalho 2008):

- a) Produção unitária ou em pequenos lotes;
- b) Produção em lotes médios;
- c) Produção em massa.

Esta classificação pode ainda ser atribuída através de diversos outros fatores além da quantidade produzida de cada tipo de artigo. Nomeadamente a natureza do produto; a tecnologia envolvida; o valor unitário do produto; a natureza do mercado em termos de dimensão, maturidade, competitividade e a resposta a este mercado; a forma de produção entre outros (Alves, 1999).

A classificação dos sistemas produtivos visa facilitar a compreensão das características presentes em cada sistema de produção e a sua relação com a complexidade das atividades de planeamento e controlo destes sistemas (Hitomi 1996).

Tabela 1 - Classificação de Sistemas de produção.

CLASSIFICAÇÕES DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO	
Quanto a:	Tipo (Exemplo/Características)
Quantidade	- Produção unitária (artigos todos diferentes) - Produção em lotes (grande variedade de artigos) - Fabricação em série (pequena variedade de artigos) - Fabricação em massa (nenhuma variedade de artigos)
Implantação	- Fixa (fabrico de produtos de grandes dimensões (navios, aviões..)) - Funcional ou por processo - "GT" – Células de tecnologia de grupo - Linha ou por produto - Sistemas de fabricação flexível
Destino dos produtos	- Por encomenda (procura incerta, produção condicionada às encomendas) - Para inventário de produtos acabados (procura previsível) - Montagem por encomenda (procura previsível)
Natureza dos produtos	- Discreta (peças, componentes e produtos desmontáveis) - De processo (produtos tais como químicos e siderúrgicos)
Natureza dos fluxos de materiais	- Intermitente (produção em série) - Contínua (produção em massa) - Por projecto

Para cada um dos sistemas referidos temos diferentes configurações possíveis quer físicas quer organizacionais. Cabe portanto ao responsável a capacidade de idealizar, escolher e implementar um sistema que diminua ao máximo possível os desperdícios.

Numa primeira abordagem podemos incluir um pequeno inquérito que nos permita obter uma linha guia inicial. As perguntas serão:

- Qual o tipo de artigo que será produzido?
- Qual a variedade de artigos?
- Quantidade requerida por artigo por período?
- Produção para encomenda ou para inventário/*stock*?

- Que custo tem a posse do artigo?
- Que meios exige a produção do artigo?

A maior parte dos sistemas de produção tem configurações que se podem enquadrar em três grandes grupos de tipos de sistemas de produção, quanto ao seu tipo de configuração ou *layout*: Oficinas de Produção, Linhas de Produção e Células de Produção.

A questão que se levanta é: quais as diferenças entre eles e quais as vantagens e inconvenientes de cada um em relação ao outro.

Sistemas Orientados ao Produto são uma macro classe de sistema de produção, que inclui tipicamente as Linhas e as Células de Produção. Por outro lado, os Sistemas Orientados ao Processo ou Funcionais são essencialmente orientados a Oficinas de Produção. No entanto, as Células de Produção podem ainda ser posicionadas num ponto intermédio e serem consideradas como um mix dos dois extremos entre Linhas e Oficinas, nomeadamente as designadas Células de Tecnologia de Grupo, também vocacionadas para a produção de famílias de produtos, que são produtos com alguma forma de semelhança que lhes permite serem agrupados (Silva 2008).

Panneramen (2006) apresenta-nos algumas vantagens e desvantagens dos três sistemas de produção.

Sistema Orientado ao Processo as máquinas e serviços similares são colocados juntos ou agrupados. Este tipo de sistema é normalmente utilizado quando o volume de produção não justifique um Sistema Orientado ao Produto e quando existe a necessidade de produzir alguma variedade mais considerável de produtos que não sejam suscetíveis de ser agrupados em famílias. Um dos objetivos é minimizar os custos de equipamentos.

Vantagens:

- Máquinas mais utilizadas, poucas máquinas utilizadas;
- Maior flexibilidade em termos de alocação de trabalhos às máquinas existentes;
- Comparativamente o investimento em máquinas é menor;
- A diversidade de tarefas oferece um maior interesse ao operador;
- Menor vulnerabilidade às mudanças de volume;

Desvantagens:

- Movimentação de material tem um custo maior;
- Planeamento e controlo da produção têm que estar mais envolvidos;
- Tempo dentro do processo é maior;
- Maior quantidade de material em curso;

- É necessária maior qualificação dos operadores;

Sistema Orientado ao Produto é utilizado quando o volume de produção o justifica. As máquinas são colocadas de acordo com a sequência do processo do produto. Minimizar custos de transporte é um propósito a atingir.

Vantagens:

- O fluxo do produto é mais previsível, suave e lógico nas linhas de produção;
- O trabalho em execução/curso é menor;
- Tempo dos lotes dentro do processo é menor;
- Custo da movimentação de material é menor;
- Operadores não precisam ser tão qualificados;
- Planeamento e controlo da produção mais simples;
- Menor espaço ocupado pelo trabalho em curso;

Desvantagens:

- Uma paragem numa máquina pode provocar a paragem das máquinas consequentes;

- Uma mudança no projeto do produto pode provocar uma grande mudança na linha;
- A capacidade da linha é decidida pela máquina de menor capacidade (*bottleneck*);
- Comparativamente o investimento em máquinas é maior;

Sistema Tecnologia de Grupo, efetua uma distribuição pelos diferentes grupos as máquinas existentes. A ideia subjacente deste sistema de produção é identificar famílias de artigos que utilizem um processo similar de fabrico, mesmo que nem todos utilizem todas as máquinas. O objetivo é encontrar o mínimo dos dois custos referidos nos outros sistemas - transporte e equipamento.

Vantagens:

- Artigos com normalização;
- Bom equilíbrio de produtividade;
- Maior precisão no custeio;
- Maior flexibilidade;

Desvantagens:

- Gestão e controlo de planeamento mais complexa;
- Maior trabalho em curso;

- *Setup* de preparação mais longo;
- Necessidade de artigos similares/agrupados em famílias;

Os gestores da produção encontram um leque variado de sistemas. Deve ser sua responsabilidade encontrar o que melhor se enquadre para atingir os objetivos propostos.

Não sendo esta tarefa uma simples equação matemática, pois a questão social também é importante, existem já bastantes métodos matemáticos que nos permitem ter um modelo de aproximação ao ideal para as várias situações típicas de produção.

3.3. IMPLANTAÇÃO OU *LAYOUT*

O *layout* ou implantação consiste na definição da disposição dos meios, numa combinação ótima ou mais adequada possível, que permita a execução dos lotes de uma forma simples e a baixo custo dentro do espaço disponível.

Layout é assim o modo como os homens, máquinas e equipamentos estão dispostos numa fábrica. O problema do *layout* é a alocação relativa dos dados de entrada de uma forma que seja mais económica para a empresa. Podemos traduzir isto na melhor utilização do espaço para que o resultado

seja um processamento mais efetivo, através da menor distância entre recursos de produção, no menor tempo de utilização possível.

A necessidade de um estudo de um *layout* pode surgir das seguintes situações:

- instalação de uma fábrica nova;
- variação da procura ou mix de produtos;
- novos produtos;
- obsolescência das instalações;
- reduzir as ineficiências;
- novos meios produtivos.

Francis et al (1974) descreve o problema de *layout* como um processo que pretende reorganizar da melhor forma a disposição do espaço e para tal é necessário:

- Minimizar investimentos em equipamentos;
- Minimizar tempo de produção;
- Utilizar espaço existente da forma mais eficiente possível;
- Providenciar ao operador um posto de trabalho seguro e confortável;
- Flexibilidade nas operações;

- Diminuir custo de tratamento do material;
- Reduzir variação dos tipos de equipamentos de tratamento do material;
- Melhorar processo de produção;
- Melhorar estrutura e funcionamento do sistema de produção e da empresa;

Poderemos assim considerar um bom *layout* o que satisfaz os pontos atrás referidos. O *layout* torna-se uma parte importante no projeto de uma instalação para produção.

No entanto não devemos considerar que após a definição do primeiro *layout* que ele será eterno, este deve ser revisto periodicamente. Mas para que se consiga elaborar o *layout* pretendido deveremos refletir sobre que tipo sistema de produção estamos presentes. A classificação nem sempre é imediata e perceptível facilmente. Como visto anteriormente existem diversas opções disponíveis.

A disposição das máquinas vai estar portanto influenciada pelo sistema de produção escolhido. Courtois et al (1997) considera que a conceção de uma implantação correta de um sistema de produção assenta nos seguintes princípios base:

- todo o movimento que não acrescenta valor a um produto constitui um desperdício devendo ser, na medida do possível, suprimido;

- um produto não deverá nunca ser movimentado duas vezes sem que haja valor acrescentado entre os movimentos;

- uma boa implantação corresponde àquela em que o encaminhamento dos produtos é evidente;

Asef-Vaziri et al. (2007) refere que entre 20% e 50% das despesas operacionais na produção pode ser atribuída ao planeamento de instalações e manuseio de materiais. Assim, qualquer redução de custos nesta área pode contribuir para a eficiência global do sistema de produção. No seu trabalho eles delinearam e resolveram o problema para de melhor forma projetar um sistema de manuseamento de materiais numa fábrica. Eles referem a existência de vários algoritmos para o projeto de *layouts* como definido por *Blocplan* (1990). Além disso, eles também salientam que as três decisões principais e interdependentes na resolução do problema de projeto de definição do *layout* são:

- o projeto conceptual do *layout*, incluindo as formas e locais de células,
- a determinação dos locais de recolha e estações de entrega no limite de cada célula,
- o desenho dos caminhos de fluxo ou corredores de ligação entre os pontos da estação.

Embora estes três problemas estejam intimamente relacionados, eles referem que tradicionalmente tenham de ser resolvidos sequencialmente devido à

dificuldade computacional do problema de projeto integrado, como afirma Kim e Goetschalckx (2003).

A distância total percorrida é também um critério amplamente utilizado para a criação de heurísticas que iram definir os *layouts*, como descrito por Malmborg e Bukhari (1997). Então eles destacam que uma importante categoria de procedimentos de *layout* de plantas envolve *layout* em linha, onde o objetivo é determinar uma sequência linear de centros de trabalho em uma instalação utilizando um processamento em linha. Referem que o seu estudo é aplicável aos casos de *layout* em linha onde há alguma variação de produtos e com volume relativamente baixo. Exemplos especiais incluem sistemas de produção celular, conforme descrito por Liao (1994), ou sistemas flexíveis de produção, conforme descrito em Langston e Morasch (1988).

Lee et al. (2001) consideram o problema de definição do *layout* de fabrico como um sistema em que o fluxo do material é manipulado de uma forma unidirecional. O sistema de fabricação foi usado para processar um grupo de peças de um conjunto de estações de trabalhos específicos. Cada parte tinha uma sequência única de rota que foi assumido como complexo e conhecido.

Lee (1998) no seu artigo abordou os problemas de *layout* de configuração de um sistema de produção celular complexa. Uma abordagem de três fases interativa foi delineada para determinar um *layout* inter-células, a localização

de estações de transferência e a disposição das máquinas para cada célula. Esta abordagem foi baseada na estratégia de decomposição para partição do problema de projeto complexo em um subconjunto de problemas menores com detalhes crescentes.

A disposição do *layout* de um sistema produtivo é influenciada pela relação de proporcionalidade existente no binómio quantidade de artigos diferentes e quantidade por artigo. Como resultado desta proporcionalidade Hitomi (1979) construiu um gráfico P-Q ordenando os produtos por ordem decrescente de Q, como mostra a Figura 10. No caso de termos um valor elevado de Q/P, justifica-se que se opte por uma implantação em linha onde os meios produtivos e os meios auxiliares deverão ser dispostos de acordo com o plano de processo para o produto em causa.

Segundo este autor, quando o valor de Q/P é baixo, então uma implantação por processo ou em oficina deve ser escolhida. Neste caso as máquinas do mesmo tipo devem ser agrupadas em células ou em oficinas.

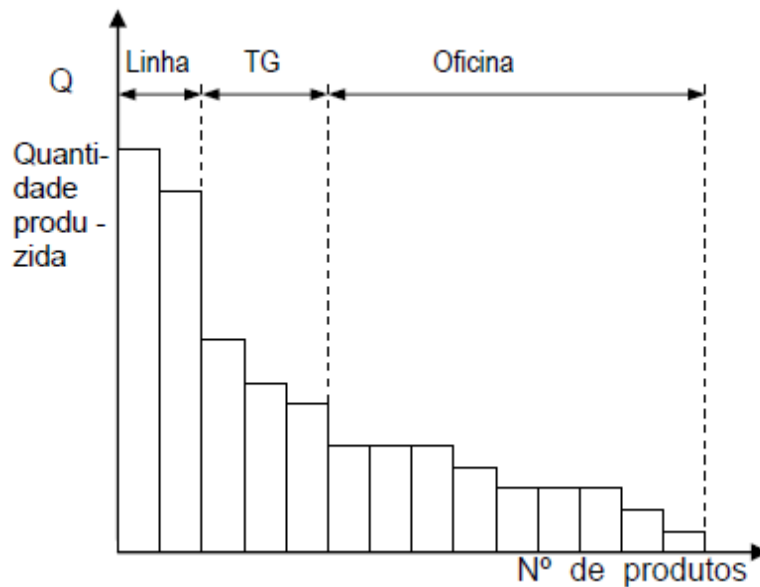


Figura 10 - Gráfico Q-P.

Alves (1999) apresenta-nos o caso de uma empresa que trabalha num sistema em linha de fabrico com produção por lotes e que não apresenta um bom desempenho, criando problemas que impedem a empresa de atingir os objetivos propostos.

Foi efetuada uma análise aos dados de entrada, nomeadamente as características referentes às quantidades e variedade de artigos, aos tipos de máquinas, à baixa complexidade dos planos de processo e aos seus fluxos.

O fabrico por encomenda foi a solução adotada e o sistema de produção escolhido, o de produção orientada ao produto. A diminuição dos lotes de fabrico também foi uma componente importante a ter em conta.

Foram pensados três sistemas: linha de produção repetitiva de artigos misturados, linha de produção flexível e célula de produção. No entanto, e

mediante as características dos artigos, das máquinas e os objetivos pretendidos, a escolha recaiu sobre as células de produção.

A pergunta que se coloca a seguir é:

- Que tipo de configuração/*layout* terão essas células de produção e que quantidade de células devem ser criadas?

Para a configuração física foi escolhida uma implantação em U que permitiu diminuir operadores, pois as máquinas estão mais próximas, e foram pensadas 7 células na totalidade.

Neste exemplo para poder ser encontrada uma solução que satisfizesse os pedidos foi preciso fazer uma recolha de muitos dados (tempos por peça, operações a serem executadas por artigo, máquinas existentes e agrupamento por famílias de produtos) o que mostra a grande complexidade que a escolha e a respetiva implantação ou *layout* produtivo pode atingir.

Em resumo podemos afirmar que diferentes abordagens já foram apresentadas por um conjunto alargado de autores para a resolução de problemas na implementação do sistema. Nomeadamente no contexto de sistemas orientados ao produto, bem como em oficinas de produção ou em células de produção que estão a ser aplicadas aos distintos setores industriais. Este trabalho também visa proporcionar um cenário semelhante, para resolver o problema de projeto sobre uma secção de produção dentro de uma fábrica de automóveis.

3.4. ESCALONAMENTO DA PRODUÇÃO

A produção pode ser definida de várias formas. Sendo vista normalmente como a atividade de combinação, transformação e utilização de fatores produtivos que possibilita a criação de um produto passível de ser transacionado e utilizado com benefício para os respetivos consumidores (Infopedia, 2012).

Tendo em conta este conceito, existe a necessidade de criar sistemas de produção que permitam a conversão das matérias-primas, com ajuda de recursos físicos e/ou humanos, em produtos finais ou produtos intermédios. Após a identificação do sistema produtivo mais adequado para atingir o objetivo pretendido é necessário implementar um método para efetuar o planeamento que proporcione a melhor solução no menor tempo possível.

Todos os gestores de produção querem entregar no momento pedido, com o mínimo trabalho em curso, num curto tempo de resposta e com a máxima utilização dos recursos, na conceção ideal (Spearman et al, 2000). No entanto não existe ou é bastante difícil de conseguir estes quatro fatores no seu máximo de indicador ou seja cem por cento. O grande objetivo do escalonamento da produção é encontrar um ponto de equilíbrio entre eles. Se possível no ponto máximo ou muito próximo dele.

Um bom sistema de planeamento e controlo da produção pode não ultrapassar as deficiências do projeto e organização do mesmo sistema, mas

dita em muitos casos a sua sobrevivência ou não no mercado (Carvalho, 2000).

Contextualizando o escalonamento da produção é de referir que: “Os planos não são nada, o planeamento é tudo.” - Dwight D. Eisenhower (1953). O plano é o resultado fixo do planeamento que em pouco tempo poderá deixar de ser válido. Ter uma capacidade de planeamento ágil é o mais importante.

O planeamento pode ser dividido em três grandes grupos;

- *Estratégico* que se encontra no nível superior onde são definidas as diretivas da empresa para a tornar mais competitiva e enfrentar as dificuldades do mercado, assume-se de vital importância e tem em vista o longo prazo;

- *Tático* que está no nível intermédio e onde se tomam as decisões de carácter comercial com a definição do Plano Diretor da Produção;

- *Operacional* que está em contacto mais direto com a produção, pois é onde são definidos os lotes de fabrico, a gestão do inventário, a alocação dos lotes às máquinas e o seu escalonamento, entre outras operações.

Pimentel (2010) refere-se aos problemas de planeamento da produção como, apesar de serem amplamente estudados por teóricos e práticos, constituírem ainda um desafio para as comunidades, provavelmente pela sua elevada complexidade e pela necessidade de se desenvolverem modelos que sejam capazes de responder, em tempo real e com rigor, às permanentes

solicitações de todas as entidades intervenientes no planeamento da produção.

A necessidade de escalonar sempre existiu desde que haja necessidade de efetuar uma escolha entre dois trabalhos para um mesmo sistema. Muitas vezes acaba por se cumprir a regra *FIFO (First In First Out)*, primeiro a chegar, primeiro a ser atendido.

Para efetuar o escalonamento de cada operação é importante considerar alguns fatores importantes como a disponibilidade de recursos humanos, de máquinas, o tempo para processar a operação e o final dessa operação.

De acordo com Conway et al (2003) um problema de escalonamento é descrito por quatro tipos de informação:

- 1) Os trabalhos e operações a serem processados.
- 2) O número e tipo de máquinas que existem na fábrica.
- 3) Regras que restringem a forma como o escalonamento pode ser feito.
- 4) O critério pelo qual o escalonamento vai ser avaliado.

Neste sentido as heurísticas assumem uma maior importância, uma vez que serão elas que irão solucionar ou pelo menos tentar encontrar a solução ótima ou uma boa solução, de modo a minimizar os custos e maximizar os lucros ou por forma a otimizar alguma outra medida de desempenho considerada. Estas heurísticas podem ser das mais simples em que se define uma sequência, por exemplo, com base em critérios de experiência

adquirida, nomeadamente, o lote maior produz-se primeiro na primeira máquina disponível, como podem também ser heurísticas extremamente complexas com inúmeras variáveis a influenciar o planeamento e a programação dos trabalhos nas máquinas que as processam ao longo do correspondente sistema de produção. Esta procura da solução ótima ou boa, pode requerer um nível computacional pesado, o que acontece frequentemente na prática industrial, de modo que as heurísticas se configuram, muitas vezes, procedimentos simplificados e adequados para permitir obter pelo menos boas soluções, em tempo real, para os problemas que se colocam.

Estes problemas são basicamente divididos em dois grandes grupos (Spearmen et al, 2000):

- Problemas P, onde temos problemas que são resolvidos por algoritmos cujo tempo computacional cresce em função polinomial do tamanho do problema;

- Problemas NP-Complexos, que são problemas, para os quais não é conhecido nenhum algoritmo de tempo polinomial para os resolver. Assim o tempo para a resolução do problema cresce muitas vezes exponencialmente, em relação ao tamanho do problema.

Como a análise nas empresas não é feita com base nestes critérios de enquadramento de grupos propostos, a obtenção de soluções que a

satisfaçam é extremamente dificultada. As empresas no seu dia-a-dia acabam por aplicar heurísticas simples.

Todas estas decisões vão depender das regras de prioridades que queremos implementar, escolhidas essencialmente em função dos objetivos ou medidas de desempenho a considerar e de se conseguir obter soluções em tempo útil da sua utilização.

Existem regras dinâmicas que são influenciadas pela mudança do instante t em que nos encontramos, um exemplo é a data de entrega mais cedo (*EDD, Earliest Due Date*). As regras estáticas não são influenciadas pelo instante t , uma vez que têm como critério algo imutável como o tempo de processamento das ordens de produção. Aqui apresentamos algumas dessas regras mais comuns:

- *EDD (Earliest Due Date)* Data de entrega mais cedo): A partir desta regra as ordens com a data de entrega mais cedo recebem prioridade.

- *SPT (Shortest Processing Time)* Tempo de processamento mais curto): A ordem com o tempo de processamento mais curto recebe prioridade.

- *FIFO (First in First Out)* Primeiro a entrar primeiro a sair): A ordem que entrou primeiro é a primeira a sair.

- *LIFO (Last in First Out)* Primeiro a entrar último a sair): As encomendas que chegam mais tarde são as primeiras a entrar para processamento.

- *MWKR (Most Work Remaining)* (Maior Trabalho Restante): Quando uma máquina fica livre, de todas as entidades na fila de espera respectiva é selecionada para processamento a entidade cujo somatório dos tempos de processamento nas operações a efetuar (nessa e nas próximas máquinas) é maior.

- *LWKR (Least Work Remaining)* (Menor Trabalho Restante): Quando uma máquina fica livre, de todas as entidades na fila de espera respectiva é selecionada para processamento a entidade cujo somatório dos tempos de processamentos nas operações por efetuar é menor.

Carvalho (2000) refere que em diversos estudos feitos ao uso das regras de prioridade em ambientes industriais não se pode concluir que determinada regra de prioridade domina as outras em termos de *makespan*. Contudo a regra que mais vezes tem tido sucesso tem sido a regra *MWKR* e algumas das suas variações. Apesar disso, a regra *SPT*, produz melhores resultados num pequeno número de situações. Em termos de tempo de percurso médio (*Fmed - Flow Time Medium*) como medida de desempenho, também não se chegou à conclusão de que uma regra dominava as outras, embora *SPT* e *LWKR* sejam normalmente mais eficazes do que outras.

Não surpreende perante estas regras e os múltiplos sistemas de produção existentes que para muitas pessoas seja extremamente difícil solucionar os problemas de escalonamento da produção que encontram no dia-a-dia. Aliado à incapacidade de reconhecer o sistema que tem pela frente, surge

também muitas vezes o desconhecimento de técnicas que permitam encontrar a solução ótima ou desejável para o problema.

Pinedo (2012) refere-se ao escalonamento da produção como um processo chave de decisão que é usado regularmente na produção e nos serviços. Ele trata a alocação de recursos a tarefas ou trabalhos num período de tempo e o objetivo é otimizar uma ou mais medidas de desempenho.

Tendo isto em vista, os objetivos devem também ter em conta que os custos de uma sequenciação incorreta podem penalizar fortemente a empresa. Podemos encontrar três custos principais na sequenciação que são eles: o alto inventário, a baixa utilização das máquinas e o atraso na entrega das encomendas aos clientes. Alguns destes custos podem ser difíceis de quantificar.

O escalonamento da produção deve ter sempre em perspectiva o máximo ganho que a melhor sequência pode permitir à empresa.

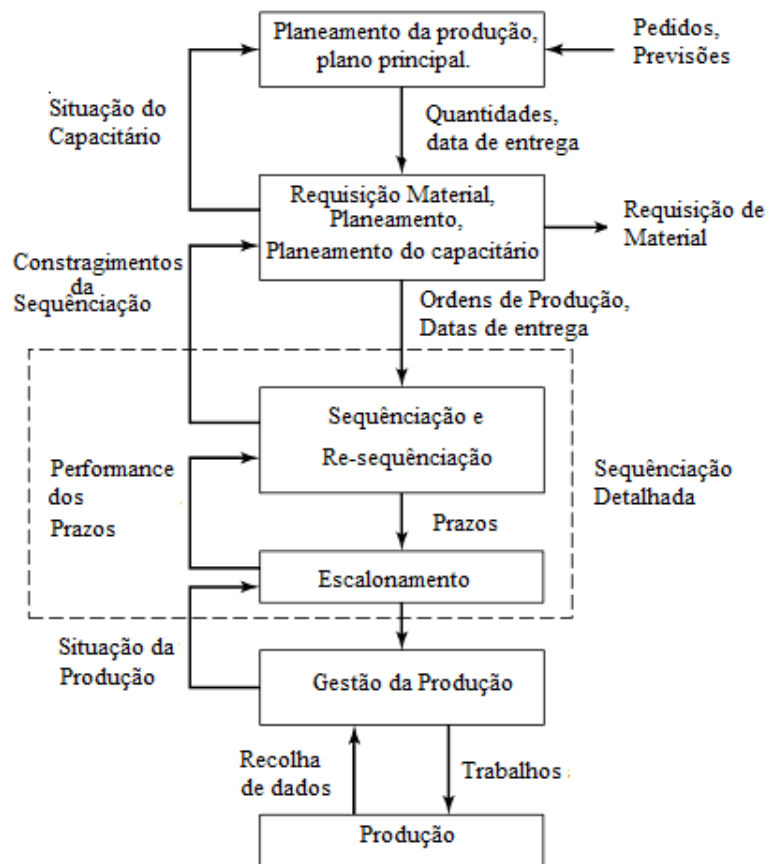


Figura 11 - Diagrama de fluxo de informação num sistema de produção.

A Figura 11 mostra onde a aplicação da sequenciação da está diretamente relacionada. Pode-se verificar que se trata de um passo muito próximo da produção.

Os problemas que se podem encontrar e para os quais temos que tomar as decisões, vão desde os cenários ou ambientes de produção mais simples de uma máquina única até aos mais complexos de oficinas ou sistemas flexíveis de produção. Assim eles são:

- Máquina única.
- Máquinas paralelas (iguais e não iguais).

- Fluxo contínuo / linhas.
- Fluxo contínuo flexível / linhas flexíveis ou células
- Oficinas (tradicionais).
- Oficinas ou outros sistemas flexíveis.

Para todos existem métodos a aplicar que podem variar desde heurísticas mais simples às mais complexas ou outros procedimentos.

Varela (2007) faz uma abordagem à diversidade de métodos que se podem encontrar e a sua caracterização. Desde logo, podemos equacionar essa diversidade e caracterizar os métodos em função da sua aplicação e utilidade, isto é, da diversidade de problemas que podemos encontrar na prática e como são classificados e utilizados.

Nele podemos encontrar uma síntese da classificação de cada um deles:

- quanto à natureza da solução.
- quanto à qualidade da solução.
- quanto ao tipo de objetivo ou medida de desempenho.
- quanto à técnica de resolução.

Também conseguimos verificar que tipos de métodos nos podemos deparar com base nos procedimentos e técnicas de resolução subjacentes (Varela, 2007):

- Métodos baseados em regras de sequenciamento.
- Métodos baseados em simulação.
- Métodos de programação dinâmica.
- Métodos de ramificação e limite (*Branch and Bound, B&B*).
- Métodos de pesquisa em feixe ou *beam search*.
- Métodos de *chess decision trees*.
- Métodos de pesquisa local e meta-heurísticas
- Métodos de relaxação.
- Métodos baseados em redes neuronais.
- Métodos de gargalo de estrangulamento ou *bottleneck methods*.

A dúvida perante um leque tão alargado é saber qual o melhor. Os métodos que são mais gerais têm tendência a ter um fraco desempenho. Métodos específicos apesar de mais adequados a um determinado problema, onde atingem uma qualidade geralmente bastante maior, têm uma aplicação restrita.

3.5. INDICADORES DE DESEMPENHO

Coutois et al (1997) remete-nos para uma definição de que um indicador de desempenho é um dado quantificado que mede a eficácia de todo ou parte de um sistema relativamente a uma norma, um plano ou um objetivo que deverá ser determinado e aceite no quadro de uma estratégia global.

Todo e qualquer processo apresenta variabilidade, os indicadores ajudam a perceber esta variabilidade e o seu impacto no desempenho, de um modo geral, no sistema de produção.

Medir o sucesso de uma organização está fortemente dependente da capacidade de identificar e atribuir prioridade aos indicadores (*KPI - Key Performance Indicator*, Indicadores chave do desempenho) que realmente interessam. Utilizar os *KPI* incorretos pode fornecer uma perceção incompleta ou irrelevante do processo. No pior dos casos, podem ainda criar uma falsa confiança na direção da empresa. Reconhecer um bom ou mau *KPI* é algo que requer algum tempo e dedicação.

Alguns dos indicadores mais utilizados são:

- Peças produzidas por hora.
- Peças produzidas por pessoa.
- Qualidade (*PPM, Capabilidade, ...*)

- Rendimento das máquinas.
- Eficiência.
- *WIP (Work In Process)*.
- Número de avarias.
- Taxa de absentismo.

No entanto como são inúmeros e variados os *KPIs* a utilizar, a sua escolha vai depender tanto da estratégia do negócio como da metodologia escolhida para a gestão, mas a sua definição é mais influenciada pelo tipo de análise que será realizada através deles.

Geralmente, o problema é que as pessoas que definem o que vai ser medido podem ter perspetivas diferentes, ou seja, questões como: quem, o quê, quando, como e porquê de determinado conjunto de dados, varia dependendo do componente de negócio medido ou do público. Quanto mais preciso for o *KPI* mais fácil será a conquista da excelência operacional em todas as unidades de negócio envolvidas. Se os indicadores apresentam falhas, a utilização dos sistemas de suporte de gestão ficará prejudicada. O que não pode ser mensurado adequadamente não pode ser melhorado com eficiência.

3.6. RESUMO DO CAPÍTULO

Os temas que abordamos, sistemas de produção, *layout*, escalonamento e indicadores de desempenho, serão sempre objeto de estudo, pois estamos perante os maiores desafios que podemos encontrar na gestão.

O objetivo será sempre o de descobrir o método que nos permita, de uma forma expedita, encontrar a melhor solução de todas.

O sistema de produção tem uma influência determinante na escolha do *layout*. Os dados de entrada para essa escolha não são imutáveis, assim ele pode-se encontrar “desatualizado”, e como tal é preciso fazer uma melhoria ao *layout* existente ou implementar um novo. O *layout* por sua vez vai também influenciar o escalonamento da produção.

Sendo o escalonamento sobretudo dinâmico é possível verificar que perante a complexidade de cenários, sistemas de produção, objetivos a atingir, não será fácil criar um método que seja de aplicação simples. As pessoas irão tentar sempre melhorar o método existente, na perspectiva que ele nos dê em menos tempo uma solução melhor.

Os indicadores surgem assim com um papel importante. Eles serão os “olhos” do sistema, pois darão noção do rumo que seguem as decisões tomadas e o que é necessário para melhorar a evolução da empresa. Eles são o guia para que se consiga atingir o objetivo que nos propomos.

4. CASO DE ESTUDO

4.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo iremos abordar o caso de uma empresa Trekar que está inserida no ramo automóvel e que precisa de efetuar a definição de um novo *layout* produtivo para a sua nova divisão de HAPP em São João da Madeira e um método eficaz para o necessário escalonamento da produção.

Começaremos por abordar os cenários possíveis para o *layout*. Para isso iremos testar cenários alternativos e verificar o que apresenta melhor solução. Após essa escolha efetuada, validamos o tipo de sistema de produção perante o qual estamos presentes e tentaremos elaborar um método para escalonar a produção.

4.2. CONTEXTUALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

REAL

A empresa precisa de efetuar a implementação de uma secção nova de produção. Ela consiste na utilização de 12 diferentes moldes pré-aquecidos para a produção de diferentes tipos de peças. Estas peças são constituídas, basicamente, por dois materiais: uma espuma injetada, a ser produzida pela

própria empresa nesta nova secção e um tecido comprado a fornecedores externos.

O processo é iniciado na máquina de injeção onde a espuma é produzida. A máquina de injeção produz cubos de espuma com diferentes tamanhos através de uma fórmula pré-concebida composta por quatro materiais: Polyol, Isocianato, Catalisador e Grafite. Estes cubos são subsequentemente transformados em placas.

Uma vez injetados os cubos, a etapa seguinte consiste em retirar o material excedente nas laterais e no topo. Existem alguns cubos que devido às suas dimensões são posteriormente divididos em cubos mais pequenos. Concluída esta operação, os cubos ficam em período de repouso durante 24 horas.

A operação seguinte consiste em transformar os cubos em placas de espuma. Isto é efetuado numa máquina de corte horizontal que faz o corte dos cubos em placas com a espessura desejada que resultam dos diversos tamanhos de cubos.

A etapa seguinte do processo é uma operação manual que consiste em juntar o tecido, previamente cortado em placas, com a placa de espuma. Uma placa de TNT (Tecido Não Tecido) no topo e outra no fundo da placa de espuma com o propósito de dar proteção e o aspeto final às peças.

A operação final do processo de fabrico consiste em proporcionar a forma final às peças. Esta operação é realizada, através da utilização de um

molde pré-aquecido, numa prensa num processo chamado de termoformagem. Para a realização desta última operação existem três aquecedores e três prensas equivalentes para a execução da tarefa.

Finalmente, quando as peças estão prontas, elas são embaladas e enviadas para o armazém.



Figura 12 - Exemplos de peças a obter.

A Figura 13 resume estes processos de produção.

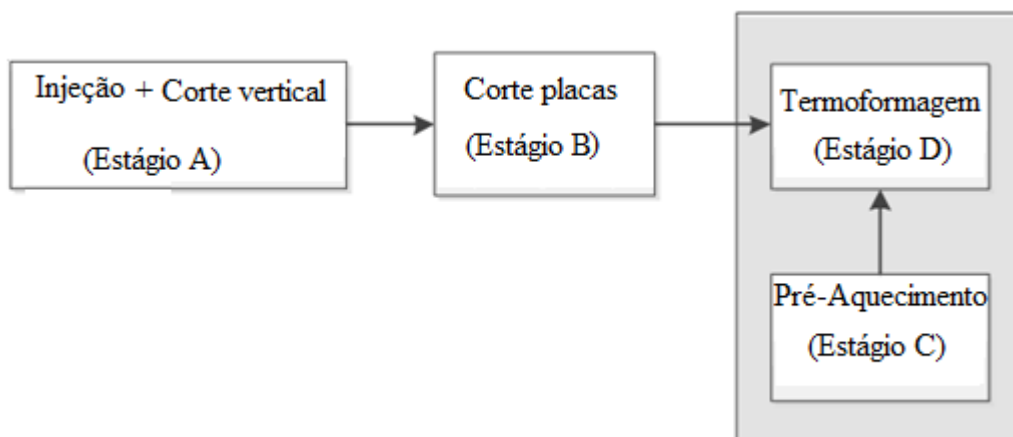


Figura 13 - Processo de Produção.

O processo de produção descrito acima parece ser bastante simples, no entanto esconde um cenário bastante complexo que levou à necessidade deste estudo.

Como foi observado anteriormente, para a execução das ordens de cada peça, estas têm de passar por prensas e os moldes que as formam têm de ser pré-aquecidos numa máquina de Pré-Aquecimento.

Ao longo deste processo de fabrico a principal preocupação concentra-se no processo de termoformagem uma vez que é onde o estrangulamento ocorre em função dos estudos dos tempos já previamente realizados.

Carvalho (2004) refere que o lucro máximo de uma empresa será obtido quando esses estrangulamentos (*bottlenecks*) são usados na sua máxima eficácia e eficiência.

Portanto, vamos olhar para os dados relativos a esta operação em particular para posterior análise. Os principais dados de produção subjacentes são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 - Dados de processo dos modelos.

Molde	Descrição	Figuras por molde	Dimensões		Tempo Aquecer Moldes	Tempo prensagem	Peças por dia	Tempo lote
1	INSONO CAPOT	2	1338	1218	320 Min	1,50 Min	800	600 Min
2	INSONO AR COLLECTEUR AUVENT	4	1566	1176	320 Min	1,05 Min	800	210 Min
3	INSONO CENT COLLECTEUR D'AUVENT	3	1428	1395	320 Min	1,50 Min	800	400 Min
4	INSONO PASSAGE DE ROUE AV	4	998	723	230 Min	1,00 Min	800	200 Min
5	INSONO INF TABLIER	3	1396	890	280 Min	1,00 Min	800	267 Min
6	INSONO TABLIER COTE MOTEUR DROIT	6	1222	1141	320 Min	1,25 Min	800	167 Min
7	INSONO TABLIER COTE MOTEUR	3	1150	740	230 Min	1,00 Min	800	267 Min
8	INSONO AMPLIFICATEUR FREINAGE	6	1465	990	280 Min	1,10 Min	800	147 Min
9	INSONO TRAVERSE ARRIERE D'AUVENT	8	1220	939	280 Min	1,50 Min	800	150 Min
10	INSONO SOUS CAPOT	4	1454	1012	300 Min	1,00 Min	800	200 Min
11	BAO	4	1083	788	230 Min	1,50 Min	800	300 Min
12	TIB	6	1380	632	230 Min	1,10 Min	800	147 Min

Como se pode perceber existem doze moldes diferentes que permitem a obtenção das diferentes peças.

O tempo para aquecer cada molde varia em função do seu tamanho. Apesar das quantidades diárias a serem produzidas serem iguais para todos os moldes, o tempo resultante para produzir não é igual para todas elas, isto deve-se à diferente quantidade de cavidades/figuras que é possível obter por molde.

Para realizar a produção destes modelos consideramos três cenários alternativos para a disposição física da secção de fabrico. Isto deve-se a uma decisão da empresa tendo em conta a experiência prévia existente. Estes cenários são descritos resumidamente no capítulo seguinte.

4.3. ESTUDO DO *LAYOUT*

4.3.1. DESCRIÇÃO DE CENÁRIOS

A proposta então é analisar que tipo de sistema de produção ou linha será implementada na parte da termoformagem. Este sistema de produção consiste em três prensas e três sistemas de aquecimento em iguais condições.

Cenário 1 (1 +1 +1)

O primeiro cenário que consideramos consiste num esquema de fabrico que integra três linhas independentes ($i = 1, 2$ e 3). Cada uma composta por dois tipos de centros de trabalho: MC_i e MD_i , que são correspondentemente um aquecedor (MC), e uma máquina de prensagem (MD), tal como anteriormente mostrado na Figura 13.

Neste cenário, se um molde é aquecido numa (MC) estação de trabalho, para uma dada linha i , então tem de ser processado de seguida no centro de trabalho MD_i , da mesma linha i e este tipo de disposição é ilustrada através Figura 14.

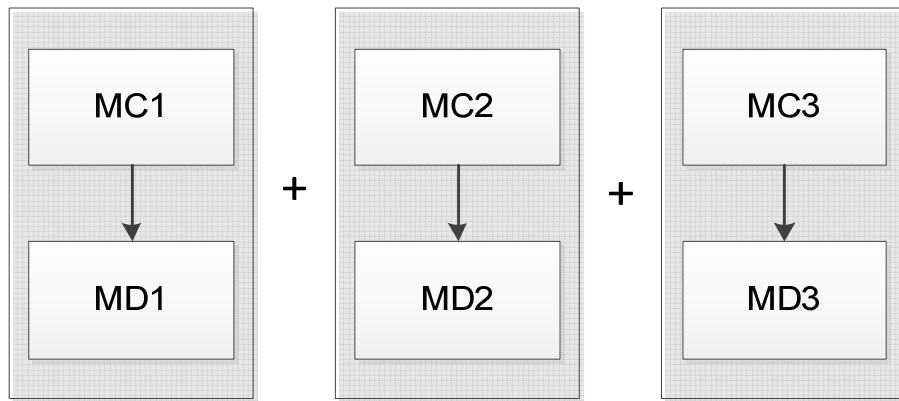


Figura 14 - Esquema do cenário 1.

Cenário 2 (2 +1)

Outro cenário considerado consiste de dois sub-cenários, um integrando duas linhas com centros de trabalho MC_i e MD_i (para $i = 1$ e 2), e onde além do fluxo de moldes a partir de cada MC_i para cada MD_i , em cada linha, também pode ocorrer dois fluxos adicionais sobre moldes que são pré-aquecidos no aquecedor MC_i de uma linha e, subseqüentemente ser usado no centro de trabalho da outra linha. No caso desta última situação, os moldes correspondentes sofrem uma penalização de tempo de 5 minutos, em consequência do transporte necessário para passar o molde a partir de uma linha para outra. O outro sub-cenário consiste em uma terceira linha independente, com máquinas MC_3 e MD_3 , semelhantes às referidas acima no cenário 1, e este cenário é mostrado na Figura 15.

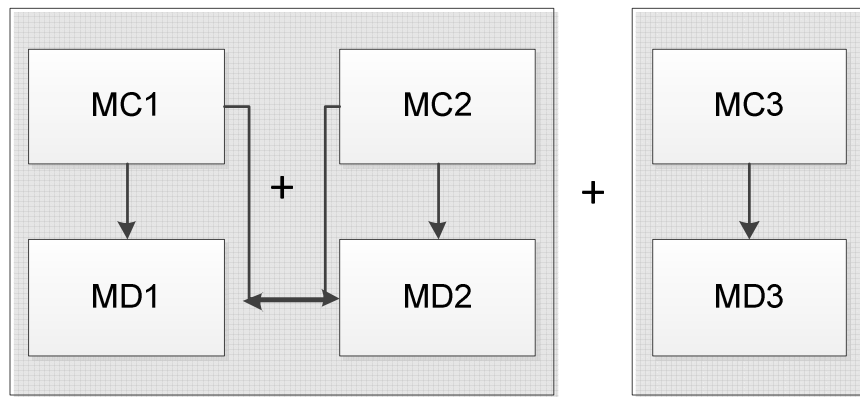


Figura 15 - Esquema do cenário 2.

Cenário 3 (3)

No terceiro e último cenário considera-se que cada molde pode passar a partir de cada um dos três aquecedores (*MC_i*) para qualquer uma das três prensas disponíveis (*MD_i*) de acordo com a primeira prensa disponível. Como no caso anterior, quando um molde não é atribuído à máquina de prensagem (*MD_i*) que está mais perto do aquecedor visitado anteriormente (*MC_i*) da linha correspondente ele sofre uma penalização de tempo de 5 minutos devido aos requisitos de transporte por cada linha que passe e este cenário é ilustrado na Figura 16.

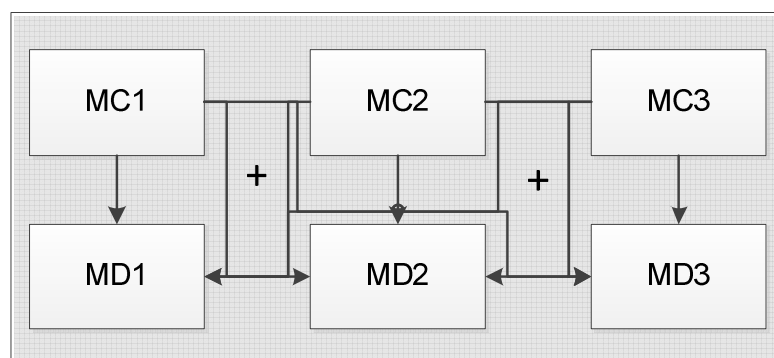


Figura 16 - Esquema do cenário 3.

Dados de entrada

Na Tabela 2 podemos encontrar os dados que serviram de base para o cálculo.

Sequências alternativas dos moldes consideradas para análise

Uma vez definidos os cenários alternativos em termos de *layouts* fabris, é agora necessário definir as sequências possíveis de moldes a serem consideradas para a produção nestes cenários para compará-los e obter a melhor disposição. Por conseguinte, a fim de obter as conclusões mais precisas sobre os três cenários alternativos de fabricação, foi considerado um conjunto de 500 sequências para serem analisadas, de referir que a totalidade de combinações possíveis são 11880. A Tabela 3 resume e serve para ilustrar as 11 primeiras das 500 sequências de moldes consideradas.

Tabela 3 - Exemplos da Sequência de moldes.

	MD1				MD2				MD3			
Sequência 1	1	2	3	5	6	7	10	11	4	8	9	12
Sequência 2	1	2	3	7	4	5	6	10	8	9	11	12
Sequência 3	1	2	3	8	7	10	11	12	4	5	6	9
Sequência 4	1	2	3	9	4	5	6	7	8	10	11	12
Sequência 5	1	2	3	11	4	5	7	8	6	9	10	12
Sequência 6	1	2	4	6	3	5	7	12	8	9	10	11
Sequência 7	1	2	4	7	5	9	11	12	3	6	8	10
Sequência 8	1	2	4	8	5	10	11	12	3	6	7	9
Sequência 9	1	2	4	9	6	7	10	12	3	5	8	11
Sequência 10	1	2	4	10	6	7	11	12	3	5	8	9
Sequência 11	1	2	4	11	6	7	9	10	3	5	8	12

Todas as 500 sequências de moldes a serem produzidas foram analisadas nos três cenários alternativos para os comparar em termos de tempo de produção total ou *makespan*, que é a medida de desempenho utilizada neste

estudo de *layout*. Na secção seguinte os principais resultados são apresentados e brevemente descritos.

4.3.2. ANÁLISE DE RESULTADOS

Com base no critério do *makespan*, como acima exposto, para avaliar a produção dos 12 moldes de acordo com as 500 sequências alternativas estabelecidas para serem aplicadas para a produção dos moldes, os resultados obtidos são mostrados no Gráfico 1. Pode-se observar através deste gráfico que todos eles correspondem a valores *makespan* não muito diferentes. O *makespan* mínimo obtido foi de 1380 min.

No entanto, onde foi obtida uma quantidade maior de valores de *makespan* mais baixo que a média, foi no cenário 1.

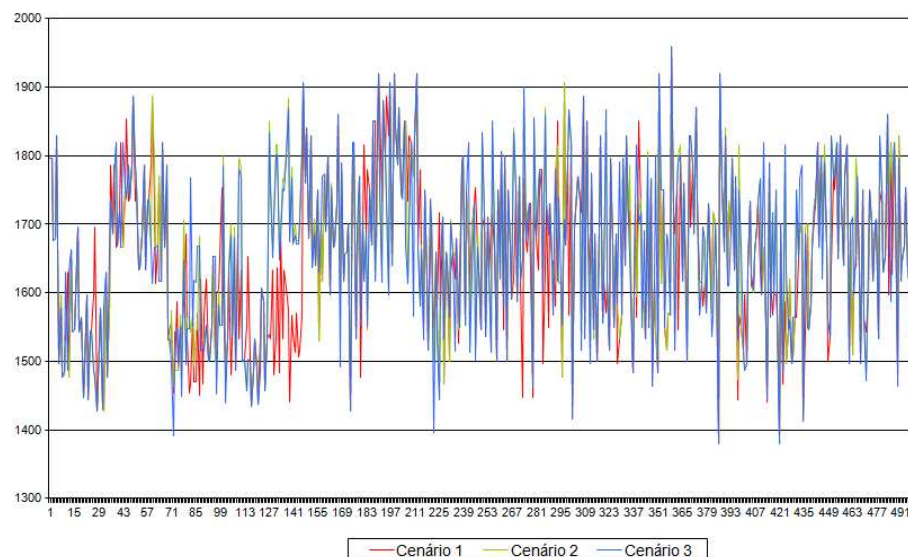


Gráfico 1 - *Makespan* valores obtidos para cada situação alternativa (1 to 500) em cada cenário (1, 2 e 3).

Portanto, ao examinar os dados em detalhe na Tabela 4, verificamos que o indicador mais importante que é a média, tem o seu valor mais baixo no cenário 1, sendo ele de 1649 minutos contra os 1661 minutos dos outros dois cenários.

Tabela 4 - Principais resultados das sequências estudadas.

Values (min)	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Máximo	1960	1960	1960
Mínimo	1380	1380	1380
Média	1649	1661	1661
Desvio Padrão	118	122	119
Resultados Abaixo da média	230	213	212

Pode-se também observar que 230 das sequências alternativas para a produção dos 12 moldes obtiveram um *makespan* abaixo do valor de *makespan* médio. A probabilidade de encontrar mais sequências que melhorem o desempenho do sistema será maior no cenário 1.

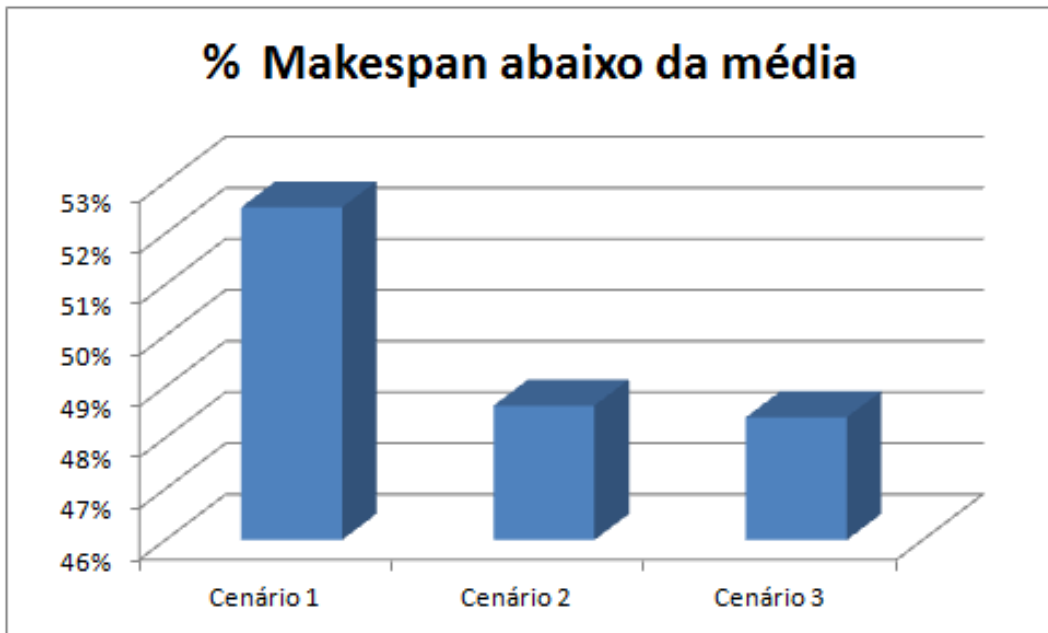


Gráfico 2 - Percentagem de valores obtidos abaixo da média nos cenários 1, 2 e 3.

Concluimos então que apesar do melhor resultado (ótimo global) ter sido alcançado nos três cenários, o *layout* que forneceu a média mais baixa de *makespan* para o conjunto de 12 moldes considerados foi cenário ou *layout* 1.

Portanto, em termos de trabalho futuro, será este o esquema estudado com o intuito de aplicar abordagens de programação para alcançar dados mais detalhados a respeito da segunda etapa deste estudo, de modo a chegar à disposição do *layout* final nesta secção de fabricação da Empresa Trekar.

4.4. ESTUDO DO MÉTODO DE ESCALONAMENTO

Tendo sido escolhido a disposição que permite pensar onde estará a probabilidade de encontrar a maior quantidade de soluções que satisfaçam o responsável, podendo não ser a ótima, passaremos a ver qual a forma de aplicar, de uma forma mais prática, essa sequenciação.

No estudo do *layout* foram elaboradas 500 seqüências de uma forma manual, ou seja, escritas uma a uma, o que não é possível no dia-a-dia da empresa. Assim pretende-se aplicar uma heurística ou conjunto de heurísticas que permitam, de uma forma expedita, apresentar a melhor solução, tendo em conta o critério da taxa de utilização que é o pretendido pela empresa.

4.4.1. CRITÉRIOS E OBJETIVOS

A empresa tem alguns objetivos que pretende ver satisfeitos. Um deles é obter o máximo de rendimento possível da secção, outro que entra em total conflito com o primeiro é o de manter o inventário o mais baixo possível.

O rendimento pretendido é de 80% de taxa de utilização das prensas de corte. No que diz respeito ao inventário pretende-se que ele seja mantido entre um mínimo de 2 e um máximo de 4,5 dias.

No intuito de impedir que se esteja a produzir artigos que tem um inventário acima dos 4,5 dias, ocupando o lugar de um que tenha eventualmente menos de dois dias, foi criado um critério que impeça esta situação.

Através da fórmula abaixo apresentada na Fórmula 1, é feita uma primeira seleção da ordem pela qual os artigos devem ser produzidos. Nela consideramos o inventário físico da empresa dividido pelas vendas previstas nos próximos dez dias e multiplicando por esses mesmos dez dias.

$$\text{Dias de stock} = \frac{\text{Stock físico existente}}{\sum_{i=1}^{10} \text{Vendas de dias}(i)} \times 10$$

$$\text{Exemplo} \rightarrow \text{Dias de stock} = \frac{630 \text{ unidades}}{3500 \text{ unidades}} \times 10 \text{ dias} = 1,8 \text{ dias} \rightarrow \text{Prioridade 1}$$

Fórmula 17 - Fórmula para calcular critério.

Quando os dias de inventário forem menores ou iguais a dois, este artigo passa a pertencer à prioridade 1, quando for superior a dois e menor ou igual que quatro dias e meio passa a pertencer à prioridade 2, por último se for superior a quatro dias e meio passa para a prioridade 3. Os artigos que pertençam a esta última prioridade não serão lançados em produção.

No final da produção das prioridades 1 e 2 é relançado novamente o critério de atribuição de prioridades para realização de nova produção.

4.4.2. HEURÍSTICAS

O problema, como apresentado anteriormente, consiste em sequenciar um conjunto de 12 artigos, que serão processados num conjunto de 2 operações. Em cada operação existem três máquinas paralelas equivalentes que estão disponíveis e podem processar qualquer trabalho desde que livres.

Todos os trabalhos têm o mesmo sentido, passando pelas máquinas na mesma ordem e sendo processados por uma máquina em cada operação no máximo. Um dos constrangimentos existentes é de que a máquina MC_i não pode começar o trabalho $n+1$ sem que a máquina MD_i da mesma linha de fluxo comece a trabalhar no trabalho n . Assim a máquina MC_i só fica disponível nesse momento.

Para uma melhor compreensão da situação apresenta-se a Figura 17 com um esquema do tipo de processamento que estamos a falar. O exemplo não significa que seja a melhor solução.

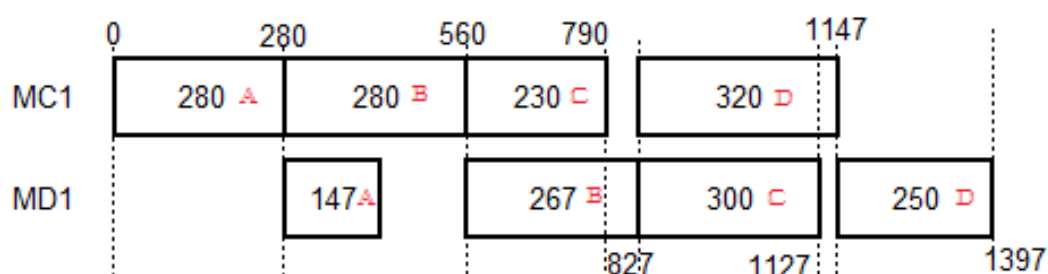


Figura 187 - Diagrama para uma linha de produção.

Como visto anteriormente, existem diversos indicadores que poderíamos utilizar para a comparação do melhor sistema de planejamento, no entanto como o objetivo da empresa é a taxa de utilização da máquina prensa (*MDi*) foi esse que foi escolhido.

Para a resolução de problema foram propostas seis heurísticas construtivas apresentadas a seguir. Foram escolhidas seis regras para realizar a sequenciação.

- *SPT*, o tempo a utilizar é o de processamento da prensa.
- *LPT*, o tempo a utilizar é o de processamento da prensa.
- *MWKR*, soma dos dois tempos de processamento.
- *LWKR*, soma dos dois tempos de processamento.
- *Random*, os tempos não tem importância uma vez que, como o nome indica, a escolha será aleatória, respeitando apenas a regra dos critérios.
- Método de Johnson mais a regra de primeira máquina livre, trata-se da junção de um método com uma regra. Assim após a aplicação da fórmula dos critérios de priorização, usamos o método de Johnson para sequenciar duas máquinas, após a criação dessa sequência os trabalhos são libertados para a produção para a primeira máquina (*MDi*) que se encontre livre.

Heurística 1

Na heurística H1 é necessário priorizar os lotes que terminam a sua execução mais cedo, tendo como base a soma dos tempos da Operação 1 + Operação 2. Na primeira operação, como todas as máquinas estão livres qualquer uma pode ser escolhida, de seguida aloca-se na máquina de menor carga os trabalhos sequenciados pela regra *LWKR*.

Algoritmo H1

Passo 1. Na operação 1 sequenciar os trabalhos pela ordem crescente de critérios, de seguida pelo tempo crescente da soma dos processamentos das Operação 1 + Operação 2.

Passo 2. Alocar a tarefa na máquina *MC_i* na linha em que surgir a primeira *MD_i* disponível.

Passo 3. A tarefa alocada na *MC_i* segue para a operação 2 na *MD_i* da mesma linha. Volta ao Passo 2 até terminar lista de trabalhos.

Heurística 2

Na heurística H2 são considerados os tempos apenas da Operação 2. A escolha desta operação prende-se com o facto de ser nesta que os estudos mostram que existe um estrangulamento. É necessário priorizar os trabalhos que terminam a sua execução mais cedo tendo como base os tempos da Operação 2. Na primeira operação, como todas as máquinas estão livres

qualquer uma pode ser escolhida, de seguida aloca-se na máquina de menor carga os trabalhos sequenciados pela regra *SPT*.

Algoritmo H2

Passo 1. Na operação 1 sequenciar os trabalhos pela ordem crescente de critérios, de seguida pelo tempo crescente de processamento da operação 2.

Passo 2. Alocar o trabalho na máquina MC_i na linha em que surgir a primeira MD_i disponível.

Passo 3. O trabalho alocada na MC_i segue para a operação 2 na MD_i da mesma linha. Volta ao Passo 2 até terminar lista de trabalhos.

Heurística 3

Na heurística H3 é necessário priorizar os trabalhos que terminam a sua execução mais tarde, tendo como base a soma dos tempos da Operação 1 + Operação 2. Na primeira operação, como todas as máquinas estão livres qualquer uma pode ser escolhida, de seguida aloca-se na máquina de menor carga os trabalhos sequenciados pela regra *MWKR*.

Algoritmo H3

Passo 1. Na operação 1 sequenciar os trabalhos pela ordem crescente de critérios, de seguida pelo tempo decrescente da soma dos processamentos das Operação 1 + Operação 2.

Passo 2. Alocar o trabalho na máquina *MCi* na linha em que surgir a primeira *MDi* disponível.

Passo 3. O trabalho alocado na *MCi* para a operação 1 segue para a operação 2 na *MDi* da mesma linha. Volta ao Passo 2 até terminar lista de trabalhos.

Heurística 4

Nesta heurística é necessário priorizar os trabalhos que terminam a sua execução mais tarde, tendo como base a soma dos tempos da Operação 2. Na primeira operação, como todas as máquinas estão livres qualquer uma pode ser escolhida, de seguida aloca-se na máquina de menor carga os trabalhos sequenciados pela regra *LPT*.

Algoritmo H4

Passo 1. Na operação 1 sequenciar os trabalhos pela ordem crescente de critérios, de seguida pelo tempo decrescente de processamento da operação 2.

Passo 2. Alocar o trabalho na máquina *MCi* na linha em que surgir a primeira *MDi* disponível.

Passo 3. O trabalho alocado na *MCi* segue para a operação 2 na *MDi* da mesma linha. Volta ao Passo 2 até terminar lista de trabalhos.

Heurística 5

Nesta heurística a única regra é a da priorização dos trabalhos tendo em conta os critérios definidos pela Fórmula 1, o resto da sequência é aleatória, não é assim importante o tempo da Operação 1 ou da Operação 2. Na primeira operação, como todas as máquinas estão livres qualquer uma pode ser escolhida, de seguida aloca-se os trabalhos na máquina de menor carga.

Algoritmo H5

Passo 1. Na operação 1 sequenciar os trabalhos pela ordem crescente de critérios.

Passo 2. Alocar o trabalho na máquina MC_i na linha em que surgir a primeira MD_i disponível.

Passo 3. O trabalho alocado na MC_i para a operação 1 segue para a operação 2 na MD_i da mesma linha. Volta ao Passo 2 até terminar lista de trabalhos.

Heurística 6

Nesta heurística é aplicado o método de Johnson apesar de se tratar de máquinas paralelas, consideramos que as máquinas são iguais nas duas operações. Assim passamos a estar na presença de duas máquinas em linha. Após a priorização em função dos critérios que devem ser respeitados de dias de inventário, os trabalhos são ordenados respeitando este método.

Algoritmo H6

Passo 1. Encontrar o mínimo entre operação 1 e operação 2.

Passo 2. Se o menor tempo de processamento requer a 1ª máquina, colocar o trabalho na primeira posição disponível. Ir para o passo 4.

Passo 3. Se o menor tempo de processamento requer a 2ª máquina, colocar o trabalho na última posição disponível. Ir para o passo 4.

Passo 4. Retirar o trabalho atribuído e voltar ao passo 1 até que todos os trabalhos sejam atribuídos.

Passo 5. Alocar o trabalho na máquina *MC_i* na linha em que surgir a primeira *MD_i* disponível.

Passo 6. O trabalho alocado na *MC_i* segue para a operação 2 na *MD_i* da mesma linha. Volta ao Passo 5 até terminar lista de trabalhos.

Os dados analisados trataram-se, de simulações criadas em que se atribuiu possíveis vendas para os 12 artigos nos próximos 14 dias (Anexo A). Usando a fórmula de critério indicada anteriormente obtivemos os seguintes resultados.

Tabela 5 - Resultados de critérios nos testes.

Testes	Critério 1	Critério 2	Critério 3
H1	2	55	3
H2	1	57	2
H3	3	54	3
H4	5	53	2
H5	0	56	4
H6	2	55	3
H7	1	55	4
H8	1	56	3
H9	1	56	3
H10	2	53	5

Na tabela 5 pode-se verificar, como seria expectável, grande parte deles caiu no critério 2, estando o inventário na maioria das vezes situado entre dois e quatro dias e meio. Foram considerados prioritários ou seja com critério 1, 3% dos trabalhos. Com o critério 3 ou seja não foram lançados em produção uma vez que tinham inventário em excesso 5,3% dos trabalhos (Anexo B).

Com base nas heurísticas obteve-se as sequências respetivas (Anexo C).

Foi lançado em produção o que será expectável que aconteça numa semana de trabalho. Para uma melhor fiabilidade dos resultados foram feitos dez testes. Os resultados obtidos são apresentados no Gráfico 3.

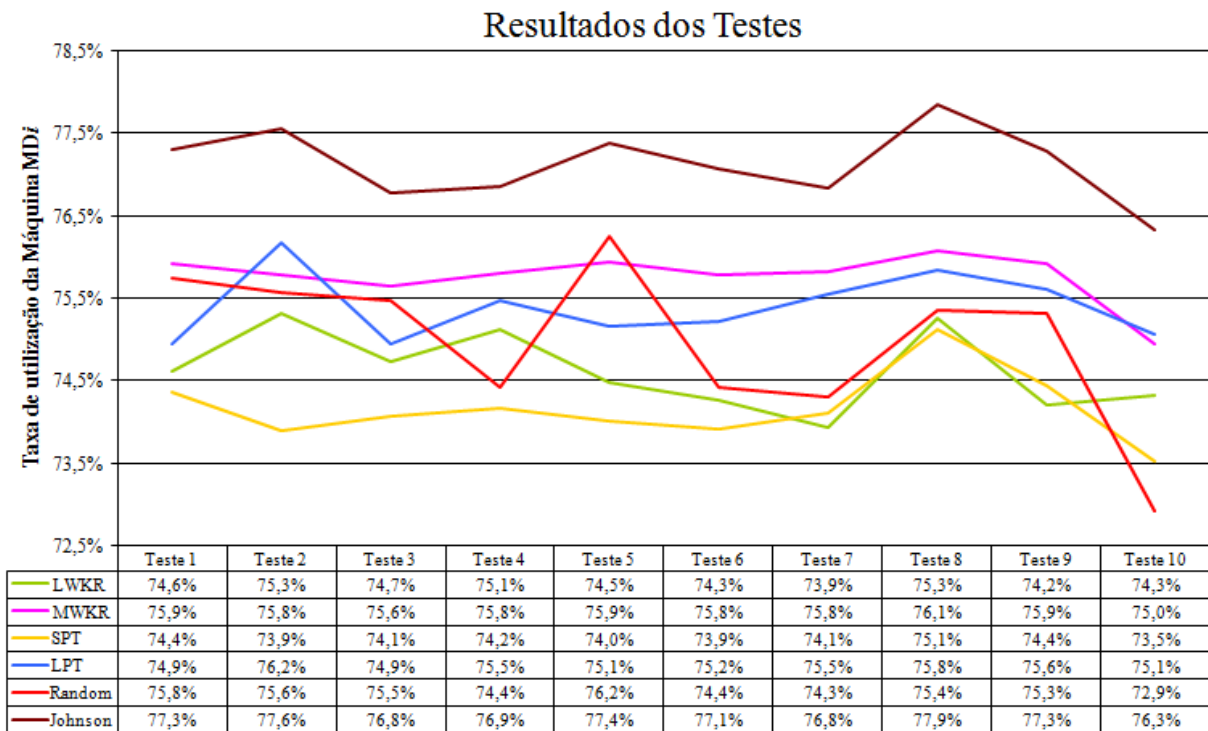


Gráfico 3 - Resultados dos testes efetuados.

A heurística que surge claramente como sendo a melhor é a que resulta da aplicação do Método de Johnson mais a atribuição à primeira máquina disponível (H6). A regra *SPT* tem claramente os resultados piores das seis heurísticas. A surpresa surge do facto da Heurística 5 que é a *Random* não tendo qualquer método implícito, apenas respeita o critério de prioridades de inventário, consiga obter resultados na maioria dos testes melhores do que o método *SPT* e num ou noutro caso melhor do que o *LPT*.

Para uma melhor compreensão dos dados obtidos foi calculada a média obtida nos testes e apresentamo-la no Gráfico 4.

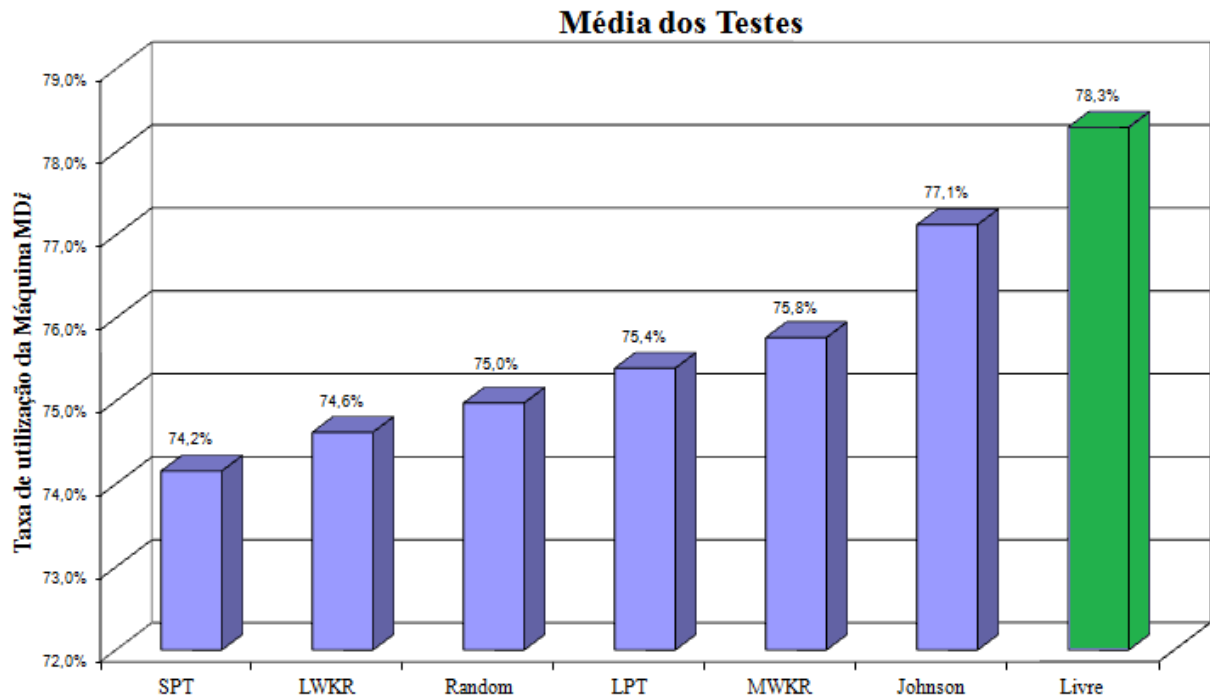


Gráfico 4 - Média dos testes.

Com este gráfico é mais clara a diferença da heurística 6 (Método Johnson) e as outras. Temos assim uma heurística que nos permite já ser um ponto de partida para a sequenciação necessária dos trabalhos.

No entanto ficaria a dúvida se os valores eram aceitáveis ou se estavam muito longe do que seria o ótimo. Para que fossemos capazes de obter resposta para esta pergunta aplicamos a sequência que obteve o melhor resultado de *makespan* quando fizemos o cálculo do melhor *layout* a ser implementado.

Podemos assim verificar no Gráfico 4, além das médias dos testes, o resultado obtido com essa sequência assinalada a verde. Esta sequência

“Livre” não sofreu as restrições impostas às outras heurísticas, nomeadamente o critério de prioridade.

Com esta comparação conseguimos verificar que a nossa solução é bastante satisfatória colocando os níveis de inventário sempre dentro dos valores pretendidos sem se afastar muito do máximo possível.

4.5. RESUMO DO CAPÍTULO

Neste capítulo foi-nos possível encontrar para o caso prático que aqui apresentamos soluções para os dois problemas com que a empresa Trecar se deparava. Poderá ser discutível se a heurística encontrada será a melhor, provavelmente não o é, no entanto é uma solução que permite de uma forma expedita encontrar valores que se adequam aos objetivos da empresa.

Através deste estudo foi possível concluir que a disposição física que é mais vantajosa em termos de minimizar os tempos do valor de *makespan* foi cenário ou esquema 1. Este consiste em três linhas independentes para a realização do processo de termoformagem desses moldes, integrando dois centros de trabalho, um para o pré-aquecimento do molde e um segundo para a sua prensagem. Este estudo também resultou em publicações aceites na edição IEEM12 (Costa et al, 2012) e na Nabic 2012 (Costa et al, 2012), sendo publicada nesta última.

Os testes feitos para a escolha da melhor heurística, com base nos resultados obtidos neste estudo, chegamos a uma solução que será a mais fácil de aplicar no dia-a-dia. Para isso bastou criar, no formato excel, uma pequena macro que obtendo os dados de encomenda e os do inventário existentes aplica as regras de prioridade e o método de Johnson mais regra primeiro livre.

5. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi feita uma abordagem à literatura existente sobre sistemas de produção, *layout*, escalonamento e indicadores. Foram apresentadas diversas visões e conceitos sobre os temas referidos através dos diversos trabalhos analisados. Como o mundo é dinâmico e está em constante mutação será sempre necessário encontrar novas abordagens para novos problemas.

O caso de estudo apresentado permitiu transformar uma série de conceitos teóricos em algo palpável e com um benefício direto para uma empresa.

Um dos objetivos deste estudo não foi o de encontrar a solução ótima global para o problema apresentado mas sim a de tentar descobrir qual a disposição física que parece ser a mais favorável, em média, para a produção de todos os 12 moldes. O outro objetivo foi o de encontrar um método expedito que permita encontrar as sequências para a sua produção, a fim de obter os melhores resultados em termos de taxa de ocupação das máquinas.

Podemos verificar que vários tipos de vantagens podem ser também conseguidas através da execução do esquema proposto na Companhia Trekar para a secção de termoformagem.

Essas vantagens estão principalmente relacionadas com a maior taxa de ocupação das máquinas e com a redução de custos de inventário, regulando

o número de produto final existente que é um aspeto importante a ser considerado no âmbito dos princípios da produção *Lean* e o *JIT (Just-In-Time)*. Estas estão sendo cada vez mais uma prática comum nas diversas empresas industriais nos últimos anos, incluindo Portugal.

Além disso, melhorias ainda mais importantes podem ser obtidas através deste estudo, como sendo o reforço do sistema de produção ou melhorando o fluxo de produção e, conseqüentemente, a gestão da produção.

A metodologia desta dissertação seguiu uma metodologia de pesquisa-ação.

5.1. TRABALHO FUTURO

No trabalho futuro perspectiva-se um desafio extremamente interessante, uma vez concluída a análise da melhor disposição torna-se importante uma análise mais detalhada à parte do escalonamento da produção, por forma a tentar otimizar ainda mais as soluções, para os diversos tipos de cenários de produção e de encomendas. Deve-se ter presente a necessidade de encontrar um método de escalonamento mais eficaz e que seja eficiente, permitindo obter respostas em tempo útil para diferentes problemas colocados no dia-a-dia da empresa nesta nova secção criada.

Uma das hipóteses é o método de pesquisa na vizinhança.

Prevê-se, porém, que estejamos perante um problema que implicará um considerável esforço, nomeadamente um acrescido necessidade computacional, uma vez que é pretensão da empresa ir introduzindo mais variáveis nele, tais como a diminuição do consumo energético que é também um aspeto de extrema importância a considerar num futuro próximo.

BIBLIOGRAFIA

- Alves, A. “Metodologia para a Concepção de Sistemas de Produção Orientados ao Produto”, Dissertação de Mestrado em Produção Integrada por Computador, 1999
- Asef-Vaziri, A.; Laporte, G.; Ortiz, R. “Exact and heuristic procedures for the material handling circular flow path design problem”, In: European Journal of Operational Research 176 (2007) 707-726, Elsevier.
- Baker, K. R. “Introduction to Sequencing and Scheduling”. John Wileys & Sons, Inc., New York, 1974
- Bazargan-Lari, M., Kaebernick, H., Harraf, A., “Cell formation and layout design in a cellular manufacturing”, International Journal of Production Research 38 (2000) 1689-1709.
- Blocplan, User’s manual. Department of Industrial Engineering, University of Houston, TX. 1990
- Carvalho, Dinis, Apontamentos de Introdução aos Sistemas de Produção, 2008
- Carvalho, Dinis, Apontamentos de Planeamento e Controlo da Produção Capitulo 2, 2000
- Cochran, David S.; Dobbs, Daniel C. “Evaluating Manufacturing System Design and Performance Using the Manufacturing System Design

- Decomposition Approach”, In: Journal of Manufacturing Systems, Vol. 20/No. 6, 2001/2002, SME.
- Conway, R. Walter; Maxwell, William L.; Miller, Louis W. “Theory of scheduling. Reading”, [Mass]: Edição de Courier Dover Publications, 2003.
- Costa, J.; Varela, L.; Putnik, G. “IEEM12-P-0707 Case study for supporting the implementation of a manufacturing section on an automotive factory in Portugal”, Hong Kong, 2012
- Costa, J.; Varela, L. “Decision System for Supporting the Implementation of a Manufacturing Section on an Automotive Factory in Portugal”, Mexico, 2012
- Courtois A.; Pillet M.; Martin C. “Gestão da Produção”, Lidel - Edições Técnicas, Lda, 1997.
- Francis, R. L.; McGinnis, Leon Franklin; White, John A. “Facility layout and location: an analytical approach.” Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1992
- Hitomi, K.; “Manufacturing Systems Engineering”, Taylor & Francis Ltd, 2ª Edição, 1996
- Infopedia 2012 site [http://www.infopedia.pt/\\$funcao-de-producao](http://www.infopedia.pt/$funcao-de-producao)
- Kaebnick, H.; Bazargan-Lari, M. “An Integrated Approach to the Design of Cellular Manufacturing”, Annals of the CIRP Vol. 45/1/1996.
- Kim, J.; Goetschalckx, M. “An integrated approach for the concurrent determination of the block layout and I/O point locations based on the

- contour distance." International Journal of Production Research 43, 2027-2047, 2003
- Kouvelis, P.; Kurawarwala, A.A.; Gutierrez, G.J. "Algorithms for robust single and Multiple period layout planning for manufacturing systems", European Journal of Operation Research 63 (1992) 287-303.
- Langston, M. A.; Morasch, A. M. "Planning of a material handling system". Artificial Intelligence: Implications for CIM (IFS Ltd/Springer-Verlag, New York), A. Kusiak (ed.), pp. 338- 346, 1998.
- Lee, Shine-Der, "Configuring layout for a cellular manufacturing system", International Journal of Systems Science, 29:6, 557-564. Taylor & Francis, 1998
- Lee, Shine-Der; Kuo-Hsu Huang; Chih-Ping Chiang: "Configuring layout in unidirectional loop manufacturing systems", International Journal of Production Research, 39:6, 1183-1201. Taylor & Francis, 2001.
- Liao,T. W. "Design of line type cellular manufacturing systems for minimum operating and material handling costs". International Journal of Production Research, 32 (2), 387-397, .1994
- Lipsitz, L. "Introduction to the Systems Approach" Educational Technology Magazine, 1973
- Malmborg, C. J.; Bukhari, F.A. "Material flow analysis and volume distance sampling in heuristic line layout procedures", International Journal of Production Research, 35:7, 2045-2064. Taylor & Francis, Ltd, 1997

- Pannerselvam, R. "Production and Operating Management", 2ª Edição, Eastern Economy Edition, 2006
- Pidwirny, M. "Definitions of Systems and Models". Fundamentals of Physical Geography, 2nd Edition, 2006
- Pimentel, C. "Modelos e Métodos para Problemas de Dimensionamento de Lotes e Escalonamento" Programa Doutoral em Engenharia Industrial e de Sistemas, 2010
- Pinedo, Michel L. "Scheduling: Theory Algorithms, and Systems", 4ª Edição, Springer, 2012
- Rosenblatt, M.J.; Kropp, D.H. "The single period stochastic plant layout problem", IIE Transactions 24 (1992) 169-176.
- Salum, L. "The cellular manufacturing layout problem", International Journal of Production Research 38 (2000) 1053-1069.
- Spearmen, Mark L.; Hopp, Wallace J. "Factory Physics", 2ª Edição, McGraw-Hill Book Co, Singapura, 2006
- Shore, R.H.; Tompkins, J.A. "Flexible facilities design", AIIE Transactions 12 (1980) 200-205.
- Silva, C. "Apontamentos Organização da Produção", Universidade do Minho, 1998
- Sing, N. "Design of cellular manufacturing systems: an invited review", European Journal of Operation Research 69 (1993) 284-291.

- Tavakkoli-Moghaddam, R.; Shayan, E. "Facilities layout design by genetic algorithms", *Computers and Industrial Engineering* 35 (3-4) (1998) 527-530.
- Tavakkoli-Moghaddam, R.; Safaei, N.; Babakhani, M. "Solving a dynamic cell formation problem with machine cost and alternative process plan by memetic algorithms", in: O.B.
- Varela, M. L. R. "Uma Contribuição para o Escalonamento da Produção baseado em Métodos Globalmente Distribuídos", Tese de Doutorado, 2007

ANEXO A – PEDIDOS USADOS NOS TESTES DE ESCALONAMENTO

Artigo	Pedidos do Teste 1													
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Dia 8	Dia 9	Dia 10	Dia 11	Dia 12	Dia 13	Dia 14
1	905	653	924	692	1080	727	713	646	1009	1017	606	842	965	788
2	1061	902	825	705	640	763	860	668	732	791	906	1100	829	895
3	743	1087	1047	975	794	832	837	982	946	676	1084	967	1056	922
4	1029	938	868	796	849	1046	813	755	784	777	759	1047	708	808
5	739	1026	810	844	839	627	982	717	1076	677	1049	953	696	634
6	942	714	984	661	864	1032	985	1047	903	987	884	853	994	820
7	911	1026	819	602	736	831	629	926	937	643	609	861	738	625
8	668	978	817	1011	601	641	690	709	839	1010	1042	738	634	606
9	729	668	1012	878	634	982	1059	1050	1096	1096	757	1026	880	1052
10	687	1016	720	1000	761	710	1015	683	1022	818	717	877	1090	764
11	876	901	604	1059	872	775	799	868	809	899	825	1029	668	712
12	1067	725	764	803	1021	642	792	1025	956	753	624	684	1068	946

Artigo	Pedidos do Teste 2													
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Dia 8	Dia 9	Dia 10	Dia 11	Dia 12	Dia 13	Dia 14
1	995	982	732	1013	864	696	659	925	622	937	671	1043	1083	980
2	1003	960	948	729	730	671	607	700	1040	887	701	1007	683	608
3	858	1077	827	760	1094	678	808	621	631	703	1071	1062	927	879
4	1061	628	787	1078	775	1045	663	1040	628	871	815	903	771	1093
5	649	939	827	850	682	946	756	944	912	915	858	1071	940	697
6	823	1082	826	1061	925	621	820	604	870	961	901	623	1098	727
7	1040	636	848	734	786	840	977	1064	985	747	748	778	685	993
8	1091	821	993	1024	762	1071	746	675	1034	742	1035	823	803	683
9	613	988	659	768	1091	732	1054	757	702	694	767	615	673	882
10	794	976	1059	1052	842	661	1071	1030	759	658	1076	619	1058	1033
11	809	970	649	1045	1019	740	1099	753	792	968	1061	640	878	936
12	902	832	800	803	848	691	897	682	1083	981	1094	1014	618	898

Artigo	Pedidos do Teste 3													
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Dia 8	Dia 9	Dia 10	Dia 11	Dia 12	Dia 13	Dia 14
1	608	967	1096	655	1044	918	812	1074	627	1095	818	678	921	975
2	976	938	675	751	731	838	628	907	951	1024	839	752	629	608
3	664	1029	840	686	1048	1062	636	914	748	991	946	673	812	600
4	868	947	979	649	963	730	703	943	619	600	676	872	820	768
5	826	1092	631	753	878	1019	712	710	901	964	830	852	701	1077
6	1079	606	681	636	620	651	981	621	977	661	1051	1053	1059	972
7	756	704	937	618	623	764	649	616	758	918	962	755	859	846
8	830	1094	746	657	710	1083	941	834	725	704	773	964	961	953
9	974	885	1068	1083	930	1039	611	869	1052	947	1047	647	738	814
10	1093	966	966	1073	1094	856	784	1085	1025	841	827	1047	1059	674
11	990	843	991	897	729	850	773	789	712	991	931	908	923	1001
12	994	1021	809	658	622	620	1046	689	751	713	919	885	729	1039

Artigo	Pedidos do Teste 4													
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Dia 8	Dia 9	Dia 10	Dia 11	Dia 12	Dia 13	Dia 14
1	867	643	625	1056	894	821	603	1059	880	1054	797	852	1013	927
2	878	962	658	671	1003	764	898	908	997	855	808	853	864	936
3	713	629	734	993	781	652	937	768	930	640	710	765	982	744
4	684	771	736	670	913	627	790	875	1014	739	1002	981	896	897
5	767	933	1057	939	938	728	906	668	1089	614	624	939	917	659
6	863	821	922	1032	1093	1098	987	1041	753	846	883	834	993	698
7	977	925	949	780	617	613	801	900	887	885	685	636	775	697
8	1009	827	817	691	941	792	920	977	766	956	1049	800	809	890
9	641	650	857	883	1060	730	790	1045	663	643	883	1022	707	730
10	853	758	959	781	912	808	1078	653	794	1047	1009	954	925	963
11	1018	713	810	913	971	912	609	1037	1077	930	959	945	688	671
12	1058	1051	1019	879	747	1061	625	902	881	925	618	677	899	982

Artigo	Pedidos do Teste 5													
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Dia 8	Dia 9	Dia 10	Dia 11	Dia 12	Dia 13	Dia 14
1	819	743	872	1029	747	652	1035	886	839	666	940	828	856	1002
2	627	782	708	628	914	818	932	702	755	1059	668	926	967	962
3	1043	633	605	610	941	683	724	774	1009	931	957	643	906	867
4	644	998	1060	772	785	683	1041	781	971	918	612	986	647	869
5	774	974	1078	885	642	664	692	746	1086	1090	601	729	1051	1017
6	698	825	750	1006	1049	762	1099	606	888	664	869	797	739	990
7	828	724	813	847	783	796	870	748	671	1040	778	916	728	914
8	984	611	932	698	1035	907	921	610	879	915	910	909	991	762
9	870	820	978	722	797	1075	623	640	892	844	977	733	882	947
10	802	771	1021	1021	781	979	831	918	808	664	751	719	826	982
11	712	783	748	935	984	978	1003	617	696	758	831	608	719	665
12	980	861	995	1032	920	997	743	936	606	804	764	1005	918	983

Artigo	Pedidos do Teste 6													
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Dia 8	Dia 9	Dia 10	Dia 11	Dia 12	Dia 13	Dia 14
1	618	935	778	695	693	1020	979	733	789	946	608	931	664	986
2	603	1046	671	949	710	755	637	980	630	787	886	619	741	632
3	748	879	1010	803	932	771	833	989	617	1043	1001	824	701	1074
4	869	806	845	971	997	996	1044	804	890	725	1072	1042	923	628
5	783	682	643	1090	1078	1001	964	992	792	953	732	861	962	779
6	843	1097	831	1041	775	829	764	924	937	831	676	1072	680	976
7	865	865	785	835	896	934	1027	934	762	676	853	915	1080	609
8	978	866	803	651	853	963	732	906	788	966	991	937	841	1002
9	695	621	602	910	893	982	842	742	728	941	931	960	909	1029
10	838	905	778	941	651	759	642	1071	609	748	993	803	651	1075
11	882	826	682	614	601	955	1015	617	746	706	671	876	1095	604
12	608	1037	744	906	913	965	928	1026	905	1061	817	633	1052	928

Artigo	Pedidos do Teste 7													
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Dia 8	Dia 9	Dia 10	Dia 11	Dia 12	Dia 13	Dia 14
1	975	848	956	999	702	892	859	799	824	1026	861	629	776	662
2	681	861	706	868	1087	1060	636	1000	607	1007	745	706	820	967
3	1069	1085	912	632	792	694	987	707	874	920	955	861	736	765
4	882	937	1053	785	1098	929	907	634	874	950	1014	1005	1065	780
5	910	791	648	778	967	722	806	817	657	925	915	1047	848	945
6	988	716	724	1069	662	885	679	1064	885	1075	1000	702	1070	749
7	673	963	1092	815	1079	1063	697	907	1046	686	732	1005	904	1011
8	787	617	1000	877	762	775	708	1081	926	862	761	769	807	674
9	1010	1085	944	711	954	684	699	871	907	1038	998	733	775	1084
10	834	1039	945	762	728	746	908	682	816	989	818	919	1095	874
11	741	951	950	902	1030	622	923	815	761	654	854	685	893	880
12	1003	920	633	985	607	973	678	764	1005	851	1073	1055	776	874

Artigo	Pedidos do Teste 8													
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Dia 8	Dia 9	Dia 10	Dia 11	Dia 12	Dia 13	Dia 14
1	1034	950	995	974	811	1005	919	1085	752	745	624	1019	924	814
2	779	961	840	1044	824	826	626	909	660	1003	827	984	674	638
3	602	996	860	772	607	614	973	977	805	907	721	674	984	995
4	820	699	1010	747	660	950	607	808	639	919	923	786	862	913
5	870	856	826	693	697	1031	691	953	1027	902	988	630	619	956
6	717	857	805	873	1030	604	666	719	1081	931	1021	858	953	633
7	851	629	1085	1084	717	985	992	1080	903	858	1051	897	972	860
8	1049	819	734	629	815	919	691	910	1074	928	822	793	1006	639
9	866	916	858	1036	794	683	771	950	610	711	787	656	977	928
10	911	864	853	602	739	998	1057	745	1045	683	936	830	814	639
11	653	710	798	980	619	957	711	927	715	629	890	950	627	697
12	1041	928	717	844	751	609	1094	990	965	913	928	868	719	833

Artigo	Pedidos do Teste 9													
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Dia 8	Dia 9	Dia 10	Dia 11	Dia 12	Dia 13	Dia 14
1	1065	730	808	1071	689	819	815	972	651	753	953	611	806	815
2	648	906	1095	685	782	764	1024	849	620	1059	837	1081	666	843
3	991	1090	730	1064	715	867	958	894	771	825	916	998	1032	1031
4	750	831	813	691	1017	904	869	849	1047	892	704	654	781	1063
5	1099	1055	999	1095	789	676	935	780	834	934	1054	698	934	761
6	908	936	716	909	694	856	755	853	854	1001	804	660	1070	758
7	613	779	896	841	1048	801	773	769	894	768	917	686	886	977
8	831	957	994	846	878	966	1000	973	972	1091	1087	736	1003	885
9	715	793	756	716	829	645	972	1082	889	819	918	725	1013	1009
10	809	888	806	833	726	820	717	1010	950	869	648	689	1072	727
11	1082	908	737	745	985	831	915	913	870	1098	875	851	945	645
12	1091	1012	628	1045	650	862	1049	958	1022	652	1005	946	626	764

Artigo	Pedidos do Teste 10													
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Dia 8	Dia 9	Dia 10	Dia 11	Dia 12	Dia 13	Dia 14
1	753	777	715	766	984	815	822	745	870	734	752	656	610	707
2	973	1075	606	662	600	1097	609	919	762	1099	780	1018	1086	710
3	1020	1033	1061	899	912	981	779	755	622	977	985	705	1004	923
4	1021	1099	986	1077	766	854	881	885	648	945	687	723	781	805
5	668	728	881	934	947	796	770	655	717	1095	730	1082	861	1026
6	671	1038	620	959	625	851	915	956	802	814	1003	784	1007	676
7	1073	940	991	1083	679	629	823	857	1087	915	1090	639	663	1007
8	1022	800	1085	880	1092	719	657	907	1019	985	706	646	616	1068
9	669	880	820	957	1000	603	779	769	807	737	729	1015	1083	609
10	1017	650	809	740	662	804	1013	1028	650	1081	679	834	814	652
11	954	927	1021	991	617	897	849	1040	788	801	634	981	962	1062
12	1027	913	871	754	902	917	899	779	693	1061	930	986	680	630

ANEXO B – RESULTADOS DOS TESTES DE CRITÉRIOS

Teste 1																				
Artigo	Dia 1				Dia 2				Dia 3				Dia 4				Dia 5			
	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério
1	7980	4152	5,2	3	7979	3399	4,3	2	7859	3422	4,4	2	7754	3508	4,5	3	7695	2742	3,6	2
2	8403	3403	4,0	2	8209	3230	3,9	2	8152	2954	3,6	2	8631	3148	3,6	2	8679	3286	3,8	2
3	9040	2414	2,7	2	9004	2194	2,4	2	8676	1960	2,3	2	8619	1700	2,0	1	8643	1800	2,1	2
4	9160	3998	4,4	2	8826	3777	4,3	2	8450	3478	4,1	2	8246	3293	4,0	2	7974	3016	3,8	2
5	8191	3400	4,2	2	8253	3532	4,3	2	8607	3603	4,2	2	8586	3522	4,1	2	8678	3388	3,9	2
6	8249	2289	2,8	2	8581	2418	2,8	2	8327	2180	2,6	2	8714	2360	2,7	2	8431	2201	2,6	2
7	9078	2996	3,3	2	9095	2723	3,0	2	8794	2582	2,9	2	8467	2392	2,8	2	8391	2108	2,5	2
8	9165	1500	1,6	1	8848	1478	1,7	1	8694	1678	1,9	1	8225	1593	1,9	1	8413	1714	2,0	1
9	8022	2100	2,6	2	8082	2231	2,8	2	8217	2151	2,6	2	8480	2130	2,5	2	8132	1973	2,4	2
10	8453	4200	5,0	3	8116	3183	3,9	2	8300	3333	4,0	2	8304	3324	4,0	2	8217	3384	4,1	2
11	8885	3513	4,0	2	8565	3359	3,9	2	8619	3232	3,7	2	8559	3011	3,5	2	8631	2820	3,3	2
12	8815	3764	4,3	2	8718	3537	4,1	2	8791	3424	3,9	2	8600	3353	3,9	2	8476	3399	4,0	2

Teste 2																				
Artigo	Dia 1				Dia 2				Dia 3				Dia 4				Dia 5			
	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério
1	8425	2202	2,6	2	8101	2007	2,5	2	8162	1825	2,2	2	8513	1893	2,2	2	8480	1600	2,0	1
2	8276	2915	3,5	2	7973	2712	3,4	2	8021	2552	3,2	2	7755	2404	3,1	2	7633	2475	3,2	2
3	8058	4182	5,2	3	8270	3323	4,0	2	8256	3046	3,7	2	8356	3019	3,6	2	8475	3059	3,6	2
4	8576	3091	3,6	2	8330	2830	3,4	2	8604	3002	3,5	2	8588	3015	3,5	2	8603	2737	3,2	2
5	8420	3597	4,3	2	8630	3748	4,3	2	8762	3609	4,1	2	8874	3582	4,0	2	8721	3532	4,0	2
6	8591	2447	2,8	2	8669	2424	2,8	2	8210	2142	2,6	2	8483	2117	2,5	2	8149	1856	2,3	2
7	8656	3601	4,2	2	8365	3361	4,0	2	8507	3525	4,1	2	8343	3476	4,2	2	8603	3543	4,1	2
8	8959	2677	3,0	2	8903	2386	2,7	2	8904	2365	2,7	2	8714	2172	2,5	2	8374	1948	2,3	2
9	8058	2285	2,8	2	8211	2472	3,0	2	7837	2284	2,9	2	7852	2425	3,1	2	7966	2457	3,1	2
10	8901	2767	3,1	2	9183	2773	3,0	2	8826	2598	2,9	2	8825	2339	2,7	2	8805	2086	2,4	2
11	8845	2730	3,1	2	9098	2721	3,0	2	8767	2551	2,9	2	8995	2701	3,0	2	8887	2456	2,8	2
12	8518	3833	4,5	3	8711	2932	3,4	2	8893	2900	3,3	2	8710	2899	3,3	2	8805	2897	3,3	2

Teste 3																				
Artigo	Dia 1				Dia 2				Dia 3				Dia 4				Dia 5			
	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério
1	8896	2202	2,6	2	9107	2394	2,6	2	8818	2227	2,5	2	8643	1931	2,2	2	8963	2076	2,3	2
2	8418	2915	3,5	2	8281	2739	3,3	2	8095	2602	3,2	2	8050	2727	3,4	2	7907	2776	3,5	2
3	8617	4182	4,9	3	8900	3518	4,0	2	8543	3289	3,8	2	8515	3249	3,8	2	8430	3364	4,0	2
4	8001	3091	3,9	2	7809	3023	3,9	2	7733	2875	3,7	2	7574	2697	3,6	2	7693	2848	3,7	2
5	8487	3597	4,2	2	8490	3571	4,2	2	8250	3279	4,0	2	8320	3448	4,1	2	8645	3495	4,0	2
6	7512	2447	3,3	2	7485	2168	2,9	2	7932	2362	3,0	2	8310	2481	3,0	2	8647	2646	3,1	2
7	7344	3601	4,9	3	7550	2844	3,8	2	7601	2941	3,9	2	7522	2803	3,7	2	7750	2985	3,9	2
8	8325	2677	3,2	2	8268	2647	3,2	2	8138	2353	2,9	2	8352	2407	2,9	2	8648	2550	2,9	2
9	9458	2285	2,4	2	9532	2111	2,2	2	9293	2026	2,2	2	8963	1758	2,0	1	8694	1675	1,9	1
10	9783	2767	2,8	2	9517	2474	2,6	2	9598	2308	2,4	2	9692	2142	2,2	2	9292	1869	2,0	1
11	8565	2730	3,2	2	8506	2540	3,0	2	8572	2497	2,9	2	8503	2306	2,7	2	8607	2208	2,6	2
12	7923	3833	4,8	3	7848	2839	3,6	2	7712	2618	3,4	2	7632	2609	3,4	2	8014	2752	3,4	2

Teste 4																				
Artigo	Dia 1				Dia 2				Dia 3				Dia 4				Dia 5			
	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério
1	8502	3710	4,4	2	8431	3643	4,3	2	8640	3800	4,4	2	9028	3975	4,4	2	8900	3719	4,2	2
2	8596	4074	4,7	3	8526	3196	3,7	2	8416	3033	3,6	2	8622	3175	3,7	2	8887	3304	3,7	2
3	7777	3328	4,3	2	7774	3415	4,4	2	7910	3585	4,5	3	8158	2851	3,5	2	7908	2658	3,4	2
4	7818	3032	3,9	2	8136	3148	3,9	2	8346	3177	3,8	2	8506	3241	3,8	2	8733	3371	3,9	2
5	8641	2327	2,7	2	8498	2361	2,8	2	8504	2227	2,6	2	8364	1970	2,4	2	8084	1831	2,3	2
6	9456	2084	2,2	2	9476	2021	2,1	2	9489	2000	2,1	2	9560	1878	2,0	1	9227	1847	2,0	1
7	8333	2558	3,1	2	8041	2381	3,0	2	7752	2257	2,9	2	7578	2108	2,8	2	7496	2128	2,8	2
8	8695	3493	4,0	2	8736	3285	3,8	2	8709	3258	3,7	2	8701	3241	3,7	2	8899	3350	3,8	2
9	7962	2467	3,1	2	8205	2627	3,2	2	8577	2777	3,2	2	8428	2720	3,2	2	8275	2637	3,2	2
10	8643	2197	2,5	2	8799	2143	2,4	2	8996	2186	2,4	2	8961	2027	2,3	2	9143	2046	2,2	2
11	8989	3268	3,6	2	8930	3050	3,4	2	9162	3136	3,4	2	9040	3127	3,5	2	8798	3013	3,4	2
12	9148	2019	2,2	2	8707	1761	2,0	1	8333	1710	2,1	2	8214	1491	1,8	1	8317	1612	1,9	1

Teste 5																				
Artigo	Dia 1				Dia 2				Dia 3				Dia 4				Dia 5			
	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério
1	8289	3139	3,8	2	8409	3119	3,7	2	8494	3176	3,7	2	8477	3104	3,7	2	8450	2875	3,4	2
2	7926	2086	2,6	2	7967	2258	2,8	2	8111	2276	2,8	2	8370	2368	2,8	2	8704	2540	2,9	2
3	7953	3911	4,9	3	7867	2869	3,6	2	7877	3036	3,9	2	8178	3231	4,0	2	8435	3422	4,1	2
4	8653	2196	2,5	2	8621	2352	2,7	2	8608	2153	2,5	2	8196	1894	2,3	2	8293	1922	2,3	2
5	8629	3931	4,6	3	8456	3157	3,7	2	8211	2984	3,6	2	8184	2706	3,3	2	8316	2621	3,2	2
6	8346	3866	4,6	3	8518	3168	3,7	2	8490	3143	3,7	2	8479	3193	3,8	2	8463	2987	3,5	2
7	8119	2358	2,9	2	8069	2331	2,9	2	8261	2407	2,9	2	8175	2394	2,9	2	8242	2347	2,8	2
8	8493	2132	2,5	2	8419	1948	2,3	2	8718	2137	2,5	2	8777	2005	2,3	2	8841	2107	2,4	2
9	8262	3719	4,5	3	8370	2849	3,4	2	8282	2829	3,4	2	8186	2651	3,2	2	8411	2728	3,2	2
10	8595	3413	4,0	2	8544	3411	4,0	2	8491	3441	4,1	2	8296	3220	3,9	2	8257	2999	3,6	2
11	8214	2018	2,5	2	8333	2106	2,5	2	8158	2123	2,6	2	8129	2175	2,7	2	7860	2041	2,6	2
12	8873	2956	3,3	2	8658	2776	3,2	2	8802	2716	3,1	2	8724	2520	2,9	2	8675	2288	2,6	2

Teste 6																				
Artigo	Dia 1				Dia 2				Dia 3				Dia 4				Dia 5			
	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério
1	8186	2811	3,4	2																

Teste 7																				
Artigo	Dia 1				Dia 2				Dia 3				Dia 4				Dia 5			
	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério
1	8879	2885	3,2	2	8766	2710	3,1	2	8547	2663	3,1	2	8367	2507	3,0	2	8031	2308	2,9	2
2	8512	4353	5,1	3	8576	3671	4,3	2	8421	3610	4,3	2	8535	3704	4,3	2	8634	3637	4,2	2
3	8672	3218	3,7	2	8557	2949	3,4	2	8333	2664	3,2	2	8158	2552	3,1	2	8291	2720	3,3	2
4	9048	4192	4,6	3	9180	3310	3,6	2	9248	3173	3,4	2	9259	2920	3,2	2	9254	2935	3,2	2
5	8021	3392	4,2	2	8026	3282	4,1	2	8282	3291	4,0	2	8481	3443	4,1	2	8649	3465	4,0	2
6	8746	2407	2,8	2	8759	2220	2,5	2	8745	2304	2,6	2	9091	2380	2,6	2	8771	2111	2,4	2
7	9019	3230	3,6	2	9078	3357	3,7	2	9120	3194	3,5	2	8932	2902	3,2	2	9128	2888	3,2	2
8	8397	2794	3,3	2	8371	2807	3,4	2	8523	2920	3,5	2	8329	2790	3,3	2	8126	2712	3,3	2
9	8903	3739	4,2	2	8891	3529	4,0	2	8540	3244	3,8	2	8371	3101	3,7	2	8744	3189	3,6	2
10	8450	3840	4,5	3	8433	3006	3,6	2	8313	2767	3,3	2	8462	2621	3,1	2	8574	2659	3,1	2
11	8349	4315	5,2	3	8463	3574	4,2	2	8197	3423	4,2	2	8140	3273	4,0	2	8118	3171	3,9	2
12	8419	2113	2,5	2	8489	1911	2,3	2	8624	1790	2,1	2	8767	1957	2,2	2	8656	1773	2,0	1

Teste 8																				
Artigo	Dia 1				Dia 2				Dia 3				Dia 4				Dia 5			
	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério
1	9268	2403	2,6	2	8859	2169	2,4	2	8928	2019	2,3	2	8858	1825	2,1	2	8698	1651	1,9	1
2	8471	3859	4,6	3	8519	3080	3,6	2	8542	2920	3,4	2	8377	2880	3,4	2	7972	2636	3,3	2
3	8112	2941	3,6	2	8231	3139	3,8	2	7909	2943	3,7	2	8033	2882	3,6	2	8255	2910	3,5	2
4	7859	3861	4,9	3	7962	3042	3,8	2	8049	3142	3,9	2	7901	2932	3,7	2	8067	2985	3,7	2
5	8548	2615	3,1	2	8666	2545	2,9	2	8440	2489	2,9	2	8232	2463	3,0	2	8495	2569	3,0	2
6	8283	2792	3,4	2	8586	2875	3,3	2	8552	2818	3,3	2	8735	2813	3,2	2	8495	2740	3,2	2
7	9184	3103	3,4	2	9383	3052	3,3	2	9652	3223	3,3	2	9539	2938	3,1	2	9315	2654	2,8	2
8	8569	3581	4,2	2	8341	3332	4,0	2	8315	3312	4,0	2	8587	3378	3,9	2	8597	3549	4,1	2
9	8195	2736	3,3	2	8115	2669	3,3	2	7855	2553	3,3	2	7973	2495	3,1	2	7865	2259	2,9	2
10	8497	3797	4,5	3	8523	2886	3,4	2	8489	2821	3,3	2	8451	2769	3,3	2	8487	2967	3,5	2
11	7698	3141	4,1	2	7935	3287	4,1	2	8176	3378	4,1	2	8005	3380	4,2	2	7722	3200	4,1	2
12	8854	2346	2,7	2	8741	2105	2,4	2	8681	1977	2,3	2	8682	2059	2,4	2	8671	2015	2,3	2

Teste 9																				
Artigo	Dia 1				Dia 2				Dia 3				Dia 4				Dia 5			
	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério
1	8374	4372	5,2	3	8262	3308	4,0	2	8143	3377	4,1	2	8141	3369	4,1	2	7885	3098	3,9	2
2	8432	3148	3,7	2	8620	3300	3,8	2	8795	3195	3,6	2	8367	2900	3,5	2	8525	3015	3,5	2
3	8904	3857	4,3	2	8828	3666	4,2	2	8736	3376	3,9	2	9038	3446	3,8	2	9006	3182	3,5	2
4	8662	4261	4,9	3	8616	3511	4,1	2	8439	3480	4,1	2	8406	3467	4,1	2	8778	3577	4,1	2
5	9197	3370	3,7	2	9152	3071	3,4	2	8796	2817	3,2	2	8731	2618	3,0	2	8397	2323	2,8	2
6	8481	3248	3,8	2	8378	3141	3,7	2	8102	3005	3,7	2	8455	3088	3,7	2	8304	2979	3,6	2
7	8182	2461	3,0	2	8486	2649	3,1	2	8392	2669	3,2	2	8382	2573	3,1	2	8518	2532	3,0	2
8	9509	3109	3,3	2	9765	3078	3,2	2	9544	2921	3,1	2	9553	2726	2,9	2	9592	2680	2,8	2
9	8215	3994	4,9	3	8418	3278	3,9	2	8350	3286	3,9	2	8608	3330	3,9	2	8902	3414	3,8	2
10	8429	2605	3,1	2	8268	2596	3,1	2	8069	2508	3,1	2	8335	2502	3,0	2	8229	2468	3,0	2
11	9086	2121	2,3	2	8879	1839	2,1	2	8821	1731	2,0	1	9028	1993	2,2	2	8928	2048	2,3	2
12	8970	2703	3,0	2	8884	2412	2,7	2	8817	2199	2,5	2	8815	2371	2,7	2	8534	2126	2,5	2

Teste 10																				
Artigo	Dia 1				Dia 2				Dia 3				Dia 4				Dia 5			
	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério	Pedidos 10 dias	Stock existente	Dias de stock	Critério
1	7980	4221	5,3	3	7979	3468	4,3	2	7859	3491	4,4	2	7754	3576	4,6	3	7695	2810	3,7	2
2	8403	4362	5,2	3	8209	3389	4,1	2	8152	3114	3,8	2	8631	3307	3,8	2	8679	3445	4,0	2
3	9040	4167	4,6	3	9004	3147	3,5	2	8676	2914	3,4	2	8619	2653	3,1	2	8643	2553	3,0	2
4	9160	3408	3,7	2	8826	3187	3,6	2	8450	2889	3,4	2	8246	2703	3,3	2	7974	2426	3,0	2
5	8191	3366	4,1	2	8253	3497	4,2	2	8607	3569	4,1	2	8586	3488	4,1	2	8678	3353	3,9	2
6	8249	2400	2,9	2	8581	2529	2,9	2	8327	2292	2,8	2	8714	2471	2,8	2	8431	2313	2,7	2
7	9078	3241	3,6	2	9095	2968	3,3	2	8794	2828	3,2	2	8467	2637	3,1	2	8391	2354	2,8	2
8	9165	2000	2,2	2	8848	1778	2,0	1	8694	1978	2,3	2	8225	1693	2,1	2	8413	1614	1,9	1
9	8022	2204	2,7	2	8082	2334	2,9	2	8217	2254	2,7	2	8480	2234	2,6	2	8132	2077	2,6	2
10	8453	4376	5,2	3	8116	3359	4,1	2	8300	3509	4,2	2	8304	3500	4,2	2	8217	3560	4,3	2
11	8885	3636	4,1	2	8565	3483	4,1	2	8619	3355	3,9	2	8559	3134	3,7	2	8631	2944	3,4	2
12	8815	3688	4,2	2	8718	3461	4,0	2	8791	3348	3,8	2	8600	3277	3,8	2	8476	3323	3,9	2

ANEXO C - RESULTADOS DAS SEQUÊNCIAS

Heurística 1 - SPT										
Artigo	Teste 1					Teste 2				
	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5
	8	12	8	12	3	8	12	12	12	1
	12	8	12	8	12	9	8	8	8	12
	9	9	9	9	8	4	9	9	9	8
	6	4	4	4	9	6	4	4	4	9
	7	6	6	6	4	7	6	6	6	4
	2	7	7	7	6	10	7	7	7	6
	11	10	10	10	7	2	10	10	10	7
	5	2	2	2	10	11	2	2	2	10
	3	11	11	11	2	5	11	11	11	2
	1	5	5	5	11	1	5	5	5	11
	4	3	3	3	5	12	3	3	3	5
	10	1	1	1	1	3	1	1	1	3
Artigo	Teste 3					Teste 4				
	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5
	8	12	12	9	9	12	12	12	12	12
	4	8	8	12	10	8	8	8	6	6
	9	9	9	8	12	4	9	9	8	8
	6	4	4	4	8	9	4	4	9	9
	10	6	6	6	4	6	6	6	4	4
	2	7	7	7	6	7	7	7	7	7
	11	10	10	10	7	10	10	10	10	10
	5	2	2	2	2	11	2	2	2	2
	1	11	11	11	11	5	11	11	11	11
	3	5	5	5	5	3	5	5	5	5
	7	3	3	3	3	1	3	1	3	3
	12	1	1	1	1	2	1	3	1	1
Artigo	Teste 5					Teste 6				
	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5
	12	12	12	12	12	12	12	6	12	6
	8	8	8	8	8	4	8	12	8	12
	4	9	9	9	9	9	9	8	9	8
	7	4	4	4	4	6	4	9	4	9
	10	6	6	6	6	7	6	4	6	4
	2	7	7	7	7	10	7	7	7	7
	11	10	10	10	10	2	10	10	10	10
	1	2	2	2	2	5	2	2	2	2
	9	11	11	11	11	3	5	11	11	11
	6	5	5	5	5	1	3	5	5	5
	5	3	3	3	3	8	1	3	3	3
	3	1	1	1	1	11	11	1	1	1
Artigo	Teste 7					Teste 8				
	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5
	12	12	12	12	12	12	12	12	12	1
	8	8	8	8	8	8	8	8	8	12
	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8
	6	4	4	4	4	6	4	4	4	9
	7	6	6	6	6	7	6	6	6	4
	5	7	7	7	7	11	7	7	7	6
	3	10	10	10	10	5	10	10	10	7
	1	2	2	2	2	3	2	2	2	10
	4	11	11	11	11	1	11	11	11	2
	10	5	5	5	5	4	5	5	5	11
	2	3	3	3	3	10	3	3	3	5
	11	1	1	1	1	2	1	1	1	3
Artigo	Teste 9					Teste 10				
	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5
	12	12	11	12	12	12	8	12	12	8
	8	8	12	8	8	8	12	8	8	12
	6	9	8	9	9	9	9	9	9	9
	7	4	9	4	4	4	4	4	4	4
	10	6	4	6	6	6	6	6	6	6
	11	7	6	7	7	7	7	7	7	7
	2	10	7	10	10	11	10	10	10	10
	5	2	10	2	2	5	2	11	2	2
	3	11	2	11	11	10	11	2	11	11
	9	5	5	5	5	2	5	5	5	5
	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Heurística 2 - SPT										
	Teste 1					Teste 2				
	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5
Artigo	8	12	8	12	3	8	12	8	12	1
	12	8	12	8	12	9	8	12	8	12
	9	9	9	9	8	6	9	9	9	8
	6	6	6	6	9	4	6	6	6	9
	7	4	4	4	6	10	4	4	4	6
	2	10	10	10	4	2	10	10	10	4
	11	2	2	2	10	7	2	2	2	10
	5	7	7	7	2	5	7	7	7	2
	3	5	5	5	7	11	5	5	5	7
	1	11	11	11	5	1	11	11	11	5
4	3	3	3	11	0	3	3	3	11	
10	1	1	1	1	0	1	1	1	3	
	Teste 3					Teste 4				
	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5
Artigo	8	12	8	9	9	8	12	8	12	12
	9	8	12	12	10	12	8	12	6	6
	6	9	9	8	12	9	9	9	8	8
	4	6	6	6	8	6	6	6	9	9
	10	4	4	4	6	4	4	4	4	10
	2	10	10	10	4	10	10	10	10	4
	5	2	2	2	2	5	2	2	2	2
	11	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	1	5	5	5	5	11	5	5	5	5
	7	11	11	11	11	3	11	11	11	11
12	3	3	3	3	1	3	1	3	3	
3	1	1	1	1	2	1	3	1	1	
	Teste 5					Teste 6				
	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5
Artigo	8	12	8	12	12	12	12	6	12	6
	12	8	12	8	8	9	8	8	8	12
	4	9	9	9	9	6	9	12	9	8
	10	6	6	6	6	4	6	9	6	9
	2	4	4	4	10	10	4	4	4	10
	7	10	10	10	4	2	10	10	10	4
	11	2	2	2	2	5	2	2	2	2
	1	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	9	5	5	5	5	3	5	5	5	5
	6	11	11	11	11	1	3	11	11	11
5	3	3	3	3	8	1	3	3	3	
3	1	1	1	1	11	11	1	1	1	
	Teste 7					Teste 8				
	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5
Artigo	12	12	8	12	12	12	12	8	12	1
	8	8	12	8	8	8	8	12	8	12
	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8
	6	6	6	6	6	6	6	6	6	9
	5	4	4	4	10	5	4	4	4	6
	7	10	10	10	4	7	10	10	10	10
	3	2	2	2	2	11	2	2	2	4
	1	7	7	7	7	3	7	7	7	2
	4	5	5	5	5	1	5	5	5	7
	10	11	11	11	11	4	11	11	11	5
2	3	3	3	3	10	3	3	3	11	
11	1	1	1	1	2	1	1	1	3	
	Teste 9					Teste 10				
	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5
Artigo	12	12	11	12	12	12	8	8	12	8
	8	8	8	8	8	8	12	12	8	12
	6	9	12	9	9	9	9	9	9	9
	10	6	9	6	6	6	6	6	6	6
	2	4	6	4	10	4	4	4	4	10
	5	10	4	10	4	5	10	10	10	4
	7	2	10	2	2	7	2	2	2	2
	11	7	2	7	7	11	7	7	7	7
	3	5	7	5	5	10	5	5	5	5
	9	11	5	11	11	2	11	11	11	11
1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Heurística 3 - LPT										
Artigo	Teste 1					Teste 2				
	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5
	8	1	8	1	3	1	1	1	1	1
	3	3	1	3	1	5	3	3	3	3
	5	5	3	5	5	2	5	5	5	5
	2	2	5	2	2	11	2	2	2	2
	11	11	2	11	11	10	11	11	11	11
	7	10	11	10	10	7	10	10	10	10
	6	7	10	7	7	6	7	7	7	7
	9	6	7	6	6	9	6	6	6	6
	12	9	6	9	9	4	9	9	9	9
	4	4	9	4	4	8	4	4	4	4
	1	8	4	8	8	3	8	8	8	8
	10	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Artigo	Teste 3					Teste 4				
	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5
	1	1	1	9	10	1	12	1	6	6
	5	3	3	1	9	3	1	5	12	12
	2	5	5	3	1	5	3	2	1	1
	11	2	2	5	3	11	5	11	3	3
	10	11	11	2	5	10	2	10	5	5
	6	10	10	11	2	7	11	7	2	2
	9	7	7	10	11	6	10	6	11	11
	4	6	6	7	7	9	7	9	10	10
	8	9	9	6	6	4	6	4	7	7
	7	4	4	4	4	8	9	8	9	9
	3	8	8	8	8	12	4	12	4	4
	12	12	12	12	12	2	8	3	8	8
Artigo	Teste 5					Teste 6				
	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5
	1	1	1	1	1	1	1	6	1	6
	2	3	3	3	3	3	3	1	3	1
	11	5	5	5	5	5	5	3	5	3
	10	2	2	2	2	2	2	5	2	5
	7	11	11	11	11	10	10	2	11	2
	4	10	10	10	10	7	7	11	10	11
	8	7	7	7	7	6	6	10	7	10
	12	6	6	6	6	9	9	7	6	7
	5	9	9	9	9	4	4	9	9	9
	6	4	4	4	4	12	8	4	4	4
	9	8	8	8	8	11	12	8	8	8
	3	12	12	12	12	8	11	12	12	12
Artigo	Teste 7					Teste 8				
	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5
	1	1	1	1	12	1	1	1	1	1
	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3
	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5
	7	2	2	2	5	11	2	2	2	2
	6	11	11	11	2	7	11	11	11	11
	9	10	10	10	11	6	10	10	10	10
	8	7	7	7	10	9	7	7	7	7
	12	6	6	6	7	8	6	6	6	6
	2	9	9	9	6	12	9	9	9	9
	10	4	4	4	9	2	4	4	4	4
	4	8	8	8	4	10	8	8	8	8
	11	12	12	12	8	4	12	12	12	12
Artigo	Teste 9					Teste 10				
	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5
	3	1	11	1	1	5	8	1	3	8
	5	3	1	3	3	11	1	3	5	1
	11	5	3	5	5	7	3	5	2	3
	2	2	5	2	2	6	5	11	11	5
	10	11	2	11	11	9	2	2	10	2
	7	10	10	10	10	4	11	10	7	11
	6	7	7	7	7	8	10	7	6	10
	8	6	6	6	6	12	7	6	9	7
	12	9	9	9	9	3	6	9	4	6
	1	4	4	4	4	2	9	4	8	9
	9	8	8	8	8	10	4	8	12	4
	4	12	12	12	12	1	12	12	1	12

Heurística 4 - LPT										
Artigo	Teste 1					Teste 2				
	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5
	8	1	8	1	3	1	1	1	1	1
	3	3	1	3	1	11	3	3	3	3
	11	11	3	11	11	5	11	11	11	11
	5	5	11	5	5	7	5	5	5	5
	7	7	5	7	7	2	7	7	7	7
	2	2	7	2	2	4	2	2	2	2
	6	10	2	10	10	10	10	10	10	10
	9	4	10	4	4	6	4	4	4	4
	12	6	4	6	6	9	6	6	6	6
	4	9	6	9	9	8	9	9	9	9
	1	8	9	8	8	0	8	8	8	8
	10	12	12	12	12	0	12	12	12	12
Artigo	Teste 3					Teste 4				
	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5
	1	1	1	9	10	1	12	1	6	6
	11	3	3	1	9	3	1	11	12	12
	5	11	11	3	1	11	3	5	1	1
	2	5	5	11	3	5	11	7	3	3
	4	7	7	5	11	7	5	2	11	11
	10	2	2	7	5	4	7	10	5	5
	6	10	10	2	7	10	2	4	7	7
	9	4	4	10	2	6	10	6	2	2
	8	6	6	4	4	9	4	9	10	10
	7	9	9	6	6	8	6	8	4	4
	3	8	8	8	8	12	9	12	9	9
	12	12	12	12	12	2	8	3	8	8
Artigo	Teste 5					Teste 6				
	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5
	1	1	1	1	1	1	1	6	1	6
	11	3	3	3	3	3	3	1	3	1
	7	11	11	11	11	5	5	3	11	3
	2	5	5	5	5	7	7	11	5	11
	4	7	7	7	7	2	2	5	7	5
	10	2	2	2	2	4	10	7	2	7
	8	10	10	10	10	10	4	2	10	2
	12	4	4	4	4	6	6	10	4	10
	5	6	6	6	6	9	9	4	6	4
	6	9	9	9	9	12	8	9	9	9
	9	8	8	8	8	11	12	8	8	8
	3	12	12	12	12	8	11	12	12	12
Artigo	Teste 7					Teste 8				
	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5
	1	1	1	1	12	1	1	1	1	1
	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3
	5	11	11	11	3	11	11	11	11	11
	7	5	5	5	11	5	5	5	5	5
	6	7	7	7	5	7	7	7	7	7
	9	2	2	2	7	6	2	2	2	2
	12	10	10	10	2	9	10	10	10	10
	8	4	4	4	10	12	4	4	4	4
	2	6	6	6	4	8	6	6	6	6
	4	9	9	9	6	2	9	9	9	9
	10	8	8	8	9	4	8	8	8	12
	11	12	12	12	8	10	12	12	12	8
Artigo	Teste 9					Teste 10				
	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5
	3	1	11	1	1	11	8	1	3	8
	11	3	1	3	3	5	1	3	11	1
	5	11	3	11	11	7	3	11	5	3
	7	5	5	5	5	4	11	5	7	11
	2	7	7	7	7	6	5	7	2	5
	10	2	2	2	2	9	7	2	10	7
	6	10	10	10	10	12	2	10	4	2
	12	4	4	4	4	8	10	4	6	10
	8	6	6	6	6	3	4	6	9	4
	1	9	9	9	9	2	6	9	8	6
	9	8	8	8	12	10	9	8	12	9
	4	12	12	12	8	1	12	12	1	12

Heurística 5 - Random										
	Teste 1					Teste 2				
	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5
Artigo	8	9	8	1	3	1	9	8	1	1
	9	1	9	2	1	5	1	9	2	3
	2	2	1	3	2	2	2	1	3	2
	3	3	2	4	4	11	3	2	4	4
	6	4	3	5	5	10	4	3	5	5
	7	6	4	6	6	7	6	4	6	6
	11	7	6	7	7	6	7	6	7	7
	12	8	7	8	8	9	8	7	8	8
	5	11	11	9	9	4	11	11	9	9
	1	12	12	10	10	8	12	12	10	10
4	5	5	11	11	3	5	5	11	11	
10	10	10	12	12	12	10	10	12	12	
	Teste 3					Teste 4				
	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5
Artigo	8	9	8	9	9	1	12	8	6	6
	9	1	9	1	10	3	9	9	12	12
	2	2	1	2	1	5	1	1	9	9
	6	3	2	3	3	11	2	2	1	10
	11	4	3	4	2	10	3	4	2	1
	5	6	4	5	4	7	4	6	3	3
	1	7	6	6	5	6	6	7	4	2
	4	8	7	7	6	9	7	11	5	4
	10	11	11	8	7	4	8	12	7	5
	7	12	12	10	8	8	11	5	8	7
3	5	5	11	11	12	5	10	10	8	
12	10	10	12	12	2	10	3	11	11	
	Teste 5					Teste 6				
	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5
Artigo	8	9	8	9	9	1	9	6	9	6
	2	1	9	1	10	3	1	8	1	9
	11	2	1	2	1	5	2	9	2	10
	1	3	2	3	3	2	3	1	3	1
	4	4	3	4	2	10	4	2	4	3
	10	6	4	5	4	7	6	3	5	2
	7	7	6	6	5	6	7	4	6	4
	12	8	7	7	6	9	8	7	7	5
	9	11	11	8	7	4	12	11	8	7
	6	12	12	10	8	12	5	12	10	8
5	5	5	11	11	11	10	5	11	11	
3	10	10	12	12	8	11	10	12	12	
	Teste 7					Teste 8				
	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5
Artigo	9	9	6	9	12	1	9	6	9	1
	6	1	8	1	6	3	1	8	1	12
	5	2	9	2	9	5	2	9	2	6
	1	3	1	3	10	11	3	1	3	9
	7	4	2	4	1	7	4	2	4	10
	3	6	3	5	3	6	6	3	5	3
	12	7	4	6	2	9	7	4	6	2
	8	8	7	7	4	8	8	7	7	4
	2	12	11	8	5	12	12	11	8	5
	4	5	12	10	7	2	5	12	10	7
10	10	5	11	8	10	10	5	11	8	
11	11	10	12	11	4	11	10	12	11	
	Teste 9					Teste 10				
	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5
Artigo	6	9	11	9	1	5	8	11	9	8
	5	1	6	1	12	11	9	6	2	1
	7	2	8	2	6	7	1	8	3	12
	3	3	9	3	9	6	2	9	4	6
	12	4	1	4	10	9	3	1	5	9
	8	6	2	5	3	4	4	2	6	10
	11	7	3	6	2	8	6	3	7	3
	2	8	4	7	4	12	7	4	8	2
	10	12	7	8	5	3	12	7	10	4
	9	5	12	10	7	2	5	12	11	5
1	10	5	11	8	10	10	5	12	7	
4	11	10	12	11	1	11	10	1	11	

Heurística 6 - Johnson										
	Teste 1					Teste 2				
	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5
Artigo	8	7	8	11	3	11	11	11	11	1
	11	11	11	7	11	7	7	7	7	11
	7	5	7	1	7	1	1	1	1	7
	5	1	1	3	1	5	3	3	3	3
	3	3	3	5	5	2	5	5	5	5
	2	2	5	2	2	4	2	2	2	2
	6	10	2	10	10	10	10	10	10	10
	9	4	10	4	4	6	4	4	4	4
	12	6	4	6	6	9	6	6	6	6
	4	9	6	9	9	8	9	9	9	9
1	8	9	8	8	3	8	8	8	8	
10	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
	Teste 3					Teste 4				
	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5
Artigo	11	11	11	9	10	7	12	7	6	6
	1	7	7	11	9	11	7	11	12	12
	5	1	1	7	11	1	11	1	7	7
	2	3	3	3	7	3	1	5	11	11
	10	5	5	1	1	5	3	2	1	1
	4	2	2	5	3	10	5	10	3	3
	6	10	10	2	5	4	2	4	5	5
	9	4	4	10	2	6	10	6	2	2
	8	6	6	4	4	9	4	9	10	10
	7	9	9	6	6	8	6	8	4	4
3	8	8	8	8	12	9	12	9	9	
12	12	12	12	12	2	8	3	8	8	
	Teste 5					Teste 6				
	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5
Artigo	7	11	11	11	11	7	7	6	11	6
	11	7	7	7	7	1	1	11	7	11
	1	1	1	1	1	3	3	7	1	7
	2	3	3	3	3	5	5	1	3	1
	10	5	5	5	5	2	2	3	5	3
	4	2	2	2	2	10	10	5	2	5
	8	10	10	10	10	4	4	2	10	2
	12	4	4	4	4	6	6	10	4	10
	5	6	6	6	6	9	9	4	6	4
	6	9	9	9	9	12	8	9	9	9
9	8	8	8	8	11	12	8	8	8	
3	12	12	12	12	8	11	12	12	12	
	Teste 7					Teste 8				
	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5
Artigo	7	11	7	7	12	11	11	7	7	1
	1	7	11	11	11	7	7	11	11	11
	3	1	1	1	7	1	1	1	1	7
	5	3	3	3	1	3	3	3	3	3
	6	5	5	5	3	5	5	5	5	5
	9	2	2	2	5	6	2	2	2	2
	12	10	10	10	2	9	10	10	10	10
	8	4	4	4	10	12	4	4	4	4
	2	6	6	6	4	8	6	6	6	6
	10	9	9	9	6	10	9	9	9	9
4	8	8	8	9	4	8	8	8	8	
11	12	12	12	8	2	12	12	12	12	
	Teste 9					Teste 10				
	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Seq 4	Seq 5
Artigo	11	11	11	11	11	11	8	11	11	8
	7	7	7	7	7	7	11	7	7	11
	3	1	1	1	1	5	7	1	3	7
	5	3	3	3	3	4	1	3	5	1
	2	5	5	5	5	6	3	5	2	3
	10	2	2	2	2	9	5	2	10	5
	6	10	10	10	10	12	2	10	4	2
	12	4	4	4	4	8	10	4	6	10
	8	6	6	6	6	3	4	6	9	4
	1	9	9	9	9	2	6	9	8	6
9	8	8	8	8	10	9	8	12	9	
4	12	12	12	12	1	12	12	1	12	