



Diogo Cipriano Ribeiro Planeamento e Controlo da Produção: o caso da Prilux

Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizado sob a orientação científica da Doutora Carina Maria Oliveira Pimentel, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

o júri

presidente

Prof. Doutor João Carlos de Oliveira Matias
professor catedrático, Universidade de Aveiro

Prof.^a Doutora Susana Maria Palavra Garrido Azevedo
professora associada com agregação, Universidade da Beira Interior

Prof.^a Doutora Carina Maria Oliveira Pimentel
professora auxiliar, Universidade de Aveiro

agradecimentos

Agradeço profundamente...

...à minha orientadora, Prof.^a Doutora Carina Maria Oliveira Pimentel, pelo apoio prestado, pela confiança que depositou em mim e pelo incentivo que me deu ao longo do projeto;

...à empresa que me acolheu, a Prilux, pelo desafio que me ofereceu, proporcionando assim o meu desenvolvimento profissional e pessoal;

...ao Engenheiros João Moutinho e Jose Silva e à Engenheira Clara Prior, pelo acompanhamento, simpatia, disponibilidade e orientação ao longo de toda a duração deste projeto;

...aos meus pais e ao meu irmão, por tornarem possível todo o meu percurso e pelo apoio constante que me deram durante toda a minha vida;

...um agradecimento geral, à totalidade de docentes, e alunos da Universidade de Aveiro, por toda a ajuda que me deram e todos os ensinamentos transmitidos.

palavras-chave

Planeamento e controlo de produção, Análise de sistemas de produção, Setor metalomecânico, Remodelação de processos

resumo

Uma produção organizada e sob controle é a pedra angular para qualquer empresa de manufatura com ambições de crescimento e melhoria. A gestão da produção tem um peso enorme nos resultados e na performance de uma organização e, portanto, é um elemento fulcral para o seu sucesso. Este trabalho aborda a análise, revisão e remodelação do processo de planeamento e controlo de produção da Prilux, uma empresa no setor metalomecânico, que produz estufas e outros componentes metálicos. A necessidade surgiu pelo facto da gestão feita estar muito vulnerável ao erro humano e se basear pouco em informação explícita e organizada, resultando numa desorganização que tornava a produção um processo imprevisível e instável. Para o desenvolvimento deste projeto, numa primeira etapa foram avaliadas todas as características do sistema produtivo através de várias óticas. De seguida foi analisado o estado inicial em que se encontravam os elementos do processo de planeamento e controlo de produção e quais seriam os métodos e procedimentos indicados a usar para cada um. A informação recolhida permitiu tomar decisões informadas sobre que alterações fazer ao processo, resultando na remodelação do processo através da adição de várias novas práticas, como por exemplo a integração do MRP e a recolha dos tempos de processamento. No final deste projeto conclui-se que o aumento da robustez do processo até um ponto intermédio entre a minúcia académica e a ambiguidade prática pode ter resultados positivos que melhoram o fluxo de informação na organização sem que isso afete demasiado a sua agilidade.

keywords

Production Planning and Control, Analysis of a Production System, Metalworking Sector, Process Remodeling

abstract

An organized and under control production is a key stone to any manufacturing company with ambitions of growth and improvement. The production management has a huge impact on the results and performance of an organization and therefore is a crucial element for its success. This report addresses the analysis, review and redesign of the production planning and control process of Prilux, a company in the Metalworking Sector, that makes greenhouses and other metal components. The need for this arose from the fact that the management was being made in a manner very vulnerable to human error and relied very little on explicit and organized information, resulting in a disorganization that made production an unpredictable and unstable process. For the development of this project, the first step was the evaluation of all the characteristics of the productive system through various optics. Then, it was analyzed the initial state of the elements of the production planning and control process and it was indicated which methods and procedures were more suitable for each one. The information gathered enabled a more informed decision making about what changes to make to the process, resulting in a process remodeling through the addition of various new practices, such as MRP calculations and the determination of processing times. At the end of this project it was concluded that increasing process robustness to a midway point between academic detail and practical ambiguity can have positive results that improve the flow of information in the organization without greatly affecting its agility.

Índice de Conteúdos

Lista de abreviaturas	3
Índice de Figuras.....	4
1 – Introdução	7
1.1 - Contextualização do trabalho	7
1.3 - Objetivos	8
1.4 – Estrutura do relatório.....	8
2- Contextualização Teórica.....	11
2.1 - Classificação da produção	11
2.2 - Sincronização capacidade-procura	11
2.2.2 - Estratégias de sincronização capacidade-procura	12
2.2.3 - Gestão de stock.....	14
2.3 – Perspetivas da classificação da produção	15
2.3.1 - Ambientes de produção:.....	15
2.3.2 -Tipos de processos:	18
2.3.3 - <i>Layout</i>	22
2.4 - Planeamento e controlo de produção	25
2.5 - Questões do planeamento e controlo de produção	27
2.5.1 - Carregamento: quanto fazer?	27
2.5.2 - Sequenciamento - em que ordem fazer?.....	31
2.5.3 - Agendamento - quando fazer?	32
2.5.4 - Monitorização/controlo: Está a ser feito?	34
2.6 – Enterprise Resource Planning	36
3 – Caracterização do estudo de caso – Prilux	37
3.1 - Setor Metalomecânico	37
3.2 - Descrição do sistema produtivo.....	38
3.3 – Caracterização da produção.....	39
3.3.1 - Procura	39
3.3.2 - Estratégia de sincronização capacidade-procura.....	40
3.3.3 - Ambiente de produção	41
3.3.4 - Tipo de processo	42
3.3.5 - <i>Layout</i>	44
4 - Planeamento e Controlo da Produção.....	47
4.1 – Descrição do fluxo do processo.....	47
4.2 - Vendas.....	48

4.3 - Gestão de stock.....	52
4.4 - Recolha de informação	54
4.5 – Material Requirements Planning.....	55
4.6 – Carregamento.....	56
4.7 - Sequenciamento	57
4.8 - Agendamento.....	58
4.8.1 – Available-to-Promise	59
4.9 – Monitorização / controlo de produção	59
4.9.1 - Ordens de produção.....	60
5 – Resultados e Conclusões	63
Bibliografia	65

Lista de abreviaturas

MRP - *Materials requirement planning*

PCP - Planeamento e controlo de produção

ERP - *Enterprise resource planning*

ATP - *Available-to-promise*

MPS – *Master production schedule*

RCCP - *Rough cut capacity planning*

CRP - *Capacity requirements planning*

MTS – *Make-to-stock*

MTO – *Make-to-order*

Índice de Figuras

Figura 1 – Padrões de procura	12
Figura 2 - Gráfico exemplo para nivelamento da procura	12
Figura 3 - Gráfico exemplo para perseguição da procura	13
Figura 4 - Processos pré-pedido e pós-pedido dos 4 ambientes de produção	18
Figura 5 - Variedade e volume dos vários tipos de processos	17
Figura 6 - Direção da proporcionalidade entre características do processo e fatores do planeamento e controlo de produção	21
Figura 7 - Ilustração de um layout posição fixa.....	22
Figura 8 - Ilustração de um layout funcional.....	22
Figura 9 - Ilustração de um layout por produto	23
Figura 10 - Ilustração de um layout celular	24
Figura 11 - Etapas do Planeamento e controlo de produção.....	26
Figura 12 - Questões do planeamento e controlo de produção. Adaptado de (Slack, Chambers, & Johnston, OPERATIONS MANAGEMENT, 2007)	27
Figura 13 - Ilustração de Carregamento por capacidade finita vs Capacidade infinita. Adaptado de (Slack, Chambers, & Johnston, OPERATIONS MANAGEMENT, 2007)	28
Figura 14 - Diferentes tipos de quantidades consideradas no cálculo do MRP	29
Figura 15 - Quadro de Relações entre tipos de processo e métodos de carregamento. Adaptado de (Tenhiala, 2011).....	31
Figura 16 - Exemplo de quadro para Calculo de ATP. Adaptado de (Harrison & Petty, 2002) ...	33
Figura 17 - Classificação de 3 atividades quanto às 4 dimensões de controlo. Adaptado de (Slack, Chambers, & Johnston, 2007).....	35
Figura 18 - Obra - Construção de uma estufa	37
Figura 19- Componente metálico produzido pela Prilux por encomenda de outra empresa	37
Figura 20- Instalações da Prilux.....	38
Figura 21 - Fluxo do sistema produtivo da Prilux.....	38
Figura 22 - Ciclo do operador	39
Figura 23 – Representação gráfica da procura na Prilux.....	40
Figura 24 - Quadro resumo dos diferentes tipos de artigos produzidos pela Prilux e a suas características.....	43
Figura 25 - Layout do chão de fábrica da Prilux	44
Figura 26 - Plano de produção afixado.....	47
Figura 27 - Flowchart do processo de planeamento e controlo de produção para o departamento da serralharia	48
Figura 28 – Encomenda com todos os artigos necessários para uma obra.	49
Figura 29 - Registo físico dos artigos já aviados pela logística	49
Figura 30- Quadro-guia para a formação dos funcionários das vendas e da logística.....	50
Figura 31 - Registo físico da reunião semanal entre gestor de produção e gestor de obras.....	51
Figura 32 – Documento de Análise de Encomendas extraído do ERP	51
Figura 33 - Cálculo de nível de reabastecimento para um artigo MTS e para a matéria prima de um artigo MTO	53
Figura 34 – Registo de tempos de processamento usando fatores gerais	55
Figura 35 - Cálculo do MRP pelo ERP	55
Figura 36 - Ordens de produção geradas como resultado do cálculo do MRP.....	56
Figura 37- Folha ordens que contém tabela com onde são distribuídas as ordens de produção pelos operários (carregamento).....	57
Figura 38 - Fila de espera de ordens de produção para um recurso	58
Figura 39 - Ilustração do campo usado para dar respostas ATP	59

Figura 40 - Ordem de produção	61
Figura 41- Flowchart do novo processo de planeamento e controlo de produção.....	63

1 – Introdução

1.1 - Contextualização do trabalho

Num chão de fábrica ocorrem continuamente inúmeras operações para que bens sejam produzidos. Vários operadores executam simultaneamente o trabalho, consumindo recursos e utilizando ferramentas para obterem resultados. Ao conjunto de operações necessárias para que se obtenha o produto final é chamado processo produtivo. A descrição de um processo produtivo consegue ser extremamente detalhada ou propositalmente ambígua, e pode variar de forma bastante relevante dependendo do produto final pretendido. No entanto, todas as empresas de manufatura desejam obter uma produção organizada e ritmada, que não falha nem em quantidade nem em qualidade para com a procura, ou seja, todas elas pretendem ter processos produtivos eficientes e eficazes.

As empresas que pretendam crescer e tornarem-se atores de relevo no mercado global não se podem limitar a adquirir mais recursos produtivos. É preciso haver uma análise e um estudo de como esses recursos estão a ser usados, qual a capacidade atual da organização e qual o estado dos seus processos. À medida que uma empresa cresce é natural que os seus processos produtivos acompanhem esse crescimento e o seu sistema vá ficando mais complexo, o que aumenta a dificuldade de o gerir. Ao mesmo tempo, as suas ambições ditam que o nível de qualidade e o rigor dos seus processos também deve aumentar exigindo resultados melhores à gestão da produção.

Para que todo o sistema funcione desta forma é necessário que essas operações sejam controladas, pois só assim se poderá manter os resultados dentro das expectativas, respeitando os requisitos. Também é preciso que o trabalho seja planeado para que as expectativas formadas sejam realistas e para que haja um mapa que guie as várias partes do sistema, uma vez que elas precisam de trabalhar em conjunto. Estas duas tarefas que gerem os processos formam também elas um processo designado por planeamento e controlo de produção. Será impossível gerir de forma correta os outros processos se o processo mestre não for adequado e estável. O seu objetivo final é o de que se obtenham gradualmente maiores volumes de produção com altos níveis de eficácia e qualidade através de um melhor processo administrativo baseado em decisões contextualizadas com a informação relevante. O projeto aqui apresentado irá focar-se neste tema do planeamento e controlo de produção aplicado no contexto de um caso de real.

O estágio em causa foi desenvolvido no departamento da serralharia da Prilux, Comércio Construção de Obras Públicas, Lda. A Prilux é uma pequena e média empresa do setor Civil e Metalomecânico situada na Ponte de Vagos, que teve origem na empresa J. Prior, Lda. O seu trabalho está centrado no “Fabrico, Comercialização, Distribuição e Instalação de uma vasta gama de produtos e equipamentos, como estufas metálicas, sistemas de rega / fertirrega, estruturas para retenção de água e outros componentes metálicos, para uso comercial, agrícola, espaços de desporto e lazer e centros de pesquisa / educação” (Prilux, 2019). A Prilux pretende rever o processo de planeamento e controlo de produção do departamento da Serralharia, que se insere no setor metalomecânico, e aprimorá-lo para que possa obter da produção as condições necessárias para atingir os seus objetivos de qualidade e expansão.

Os principais bens associados ao departamento de Serralharia são as estruturas metálicas para estufas e outros componentes metálicos variados para outras empresas.

Uma vez que a empresa tem aumentado o seu volume de vendas e tem adquirido clientes cada vez mais exigentes quanto a qualidade e eficácia, surgiu a necessidade de encontrar uma forma de gerir este departamento mais detalhada e adequada, pois vários clientes e até mesmo a gerência não estavam satisfeitos com o desempenho da gestão deste departamento.

É esta a situação em que a Prilux se encontra no que toca ao processo de planeamento e controlo de produção. Existem meios e ambição para melhorar e até automatizar partes do processo, no entanto, aquando do início do projeto, esse processo era caótico, não estando completamente definido nem normalizado. Depois de ser analisada a produção e implementadas as mudanças no processo de planeamento e controlo de produção conseguiu-se obter informação que proporciona estabilidade e previsibilidade ao sistema produtivo e permitirá a implementação de outras melhorias futuras.

1.3 - Objetivos

O objetivo principal deste projeto passou por colmatar a necessidade de projetar e pôr em prática um processo de planeamento e controlo de produção que fosse relevante para a empresa, através da melhoria do processo atual. Para atingir essa meta foram delineados outros dois objetivos mais concretos.

O primeiro seria o de obter uma compreensão do contexto da produção, para que se pudesse depois avaliar quais as alterações que seriam mais indicadas para este caso específico. Para isso tornou-se necessário estudar o sistema produtivo do departamento de Serralharia da Prilux e a caracterizá-lo em todas as suas partes de forma a que pudessem ser comparadas com o estado da arte. Existindo diversos processos com várias características relevantes muitos deles tiveram de ser categorizados de forma diferente e debaixo de diferentes óticas. Tendo em consideração o ambiente de produção, o tipo de processos e o layout, seria possível depois avaliar quais os métodos e procedimentos mais adequados, e assim, criar e implementar novas práticas, standardizando todo o processo de planeamento e controlo de produção

O segundo seria a recolha e organização da informação já existente através da criação de novas ferramentas de recolha de dados, para alimentar a base de dados do *ERP* para que informação relevante estivesse armazenada de forma segura e acessível. Sem essa informação quanto à sequência de operações, os tempos de processamento e a lista de materiais para os vários artigos produzidos seria impossível mais tarde obter alguma estabilidade ou previsibilidade. A recolha de informação é uma das condições necessárias para que o novo processo pudesse ser posto em prática.

1.4 – Estrutura do relatório

De forma a estruturar a informação do relatório, este documento foi dividido em cinco capítulos.

Este capítulo, o primeiro, tem como finalidade ser uma breve apresentação do projeto, contextualizando o problema e apresentando os motivos que levaram a empresa a propor a sua realização. Neste capítulo são ainda esclarecidos o objetivo geral pretendido e os objetivos concretos que fazem parte desse objetivo geral.

No segundo capítulo encontra-se a Contextualização teórica, onde estão expostos os conceitos teóricos fundamentais para um melhor entendimento do trabalho desenvolvido. Aqui estão apresentados tanto os vários fundamentos para a classificação de um sistema produtivo, como as definições dos vários elementos que compõem o processo de planeamento e controlo de produção.

No terceiro capítulo está exposto o caso prático. É apresentada uma contextualização do setor e é feita a descrição do seu sistema produtivo. De seguida é feita a sua análise consoante a teoria exposta no capítulo anterior.

No seguimento desta análise, no capítulo quatro é apresentada a situação inicial do processo de planeamento e controlo de produção e de seguida são indicadas quais as alterações introduzidas, assim como as razões que as justificam.

Por fim, o quinto capítulo apresenta de uma forma resumida os resultados obtidos e as conclusões a que se chegou, assim como é também indicado que futuras possibilidades devem ser aprofundadas.

2- Contextualização Teórica

Neste capítulo é exposta uma revisão dos conceitos teóricos que serão importantes para compreender o projeto desenvolvido. Desta forma o leitor é introduzido aos temas abordados no trabalho nomeadamente as várias perspetivas da classificação de produção como o ambiente de trabalho, o tipo de processo, e o *layout*. Mas também as etapas do planeamento e controlo de produção onde são apresentadas as questões e métodos habitualmente usados a propósito desse processo.

2.1 - Classificação da produção

“O *design* de um sistema de manufatura e controlo não pode ser feito em isolamento, devendo ser baseado nas especificidades dos produtos produzidos e nas características do seu mercado” (Olhager & Selldin, 2007).

Perante o desafio de estudar qual a melhor abordagem para executar o processo de planeamento e controlo de produção o primeiro desafio está em classificar o sistema de produção e o mercado no qual este se insere. A literatura oferece várias abordagens para tratar o problema de planeamento da produção, no entanto a escolha sobre que abordagens usar está presa às necessidades do mercado e à exequibilidade dos métodos no ambiente prático.

Tenhiala (2011), Mckay, Pinedo, & Webster (2002) e Proud (2007) indicam que há uma disparidade entre a literatura académica e a realidade prática das empresas, no sentido em que os gestores acreditam que nas abordagens propostas na literatura não é dado espaço suficiente ao julgamento humano, e isso leva a que os gestores da produção abandonem muitas das técnicas mais sofisticadas por métodos mais simples mas que dão liberdade ao gestor para decidir o que é mais importante para os clientes e os operadores. Para além disso, métodos menos minuciosos tornam o processo menos burocrático e em várias situações aumentam a agilidade da empresa para resolver os problemas e lidar com imprevistos. Isto não significa que não haja razão em ambos os lados, mas implica que os estudos que demonstram bons resultados para uma empresa não possam ser aplicados a outra empresa em que os clientes, os operadores e o gestor são diferentes. Para colmatar esta disparidade, o primeiro passo a dar no *design* de um processo de planeamento e controlo será o de analisar e classificar a produção para que haja um profundo entendimento das suas necessidades e limitações e se consiga distinguir quais os métodos que melhor se adequam à situação da empresa. Esta classificação deve ser feita analisando vários aspetos através de diferentes perspetivas.

2.2 - Sincronização capacidade-procura

2.2.1 – Padrões de procura

“Para permanecerem competitivas e satisfazerem as necessidades do mercado, as empresas de manufatura têm de lidar com as mudanças rápidas nas exigências dos clientes no que toca ao tipo de produtos, quantidades e datas de entrega. Devem ainda ter a habilidade de modificar os seus sistemas de manufatura. O Planeamento e Controlo de Produção deve compensar estas flutuações através do ajuste de capacidade” (Hua, Guana, Hana, & Wen, 2016).

As atividades de PCP, embora se conclua que podem ser completamente diferentes de uma situação para outra, têm o mesmo objetivo conceitual: a conciliação da capacidade e da procura. A procura é um fator impossível de controlar na totalidade e comporta-se de formas diferentes consoante o mercado. Contudo, os diferentes padrões da procura irão influenciar as características da produção.

Tal como está ilustrado na Figura 1, a procura pode ser estável, sem exibir grandes variações ao longo do tempo, como é o exemplo dos bens standard como os combustíveis. A procura também pode ser sazonal, aumentando previsivelmente numa época do ano e diminuindo noutra, como acontece em produtos que estejam relacionados com épocas festivas, como o Natal. Em alguns casos a procura pode ser esporádica, em que os seus níveis são por norma baixos e aumentam bastante durante um período devido a algum evento extraordinário ou catástrofe natural, como é exemplo medicamentos para uma doença da qual se dê um surto. Por fim, a procura pode seguir padrões criados pelos ciclos de vida de um produto.

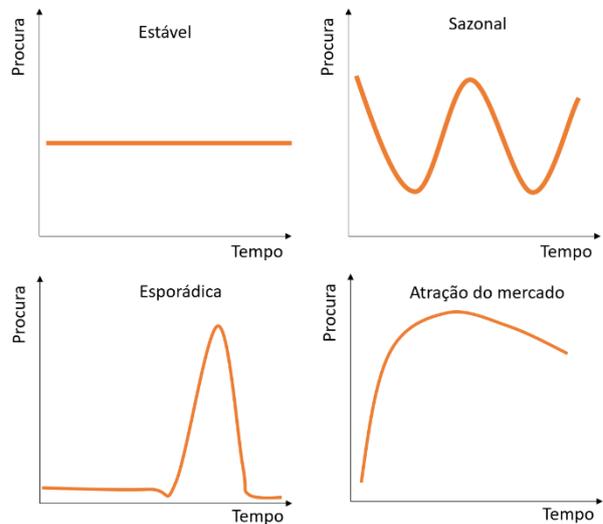


Figura 1 – Padrões de procura

Em alguns casos a procura exibe vários dos padrões enumerados ao longo do tempo e em todos os casos há um grau de aleatoriedade maior ou menor.

2.2.2 - Estratégias de sincronização capacidade-procura

Para que a capacidade possa dar resposta à procura, quando ela varia o PCP pode seguir diferentes estratégias, Stevenson (2018) e Slack, Chamber, & Johnson (2007) destacam três:

- Nivelamento da capacidade, é uma abordagem que ignora flutuações de procura mantendo a capacidade constante ao longo do tempo, fazendo variar os níveis de inventário, como como está ilustrado na figura 2. Por norma isto é praticado em produções com produtos não perecíveis que se possam armazenar nas épocas de procura baixa para compensar a capacidade nas épocas de procura alta e que necessitem de recursos especializados (por exemplo a produção de aparelhos eletrónicos com procura sazonal que aumenta no último trimestre do ano devido a épocas festivas). A opção de adotar o nivelamento de capacidade é condicionada pelo facto de que não é fácil aumentar e diminuir a capacidade de produção em certos negócios, mas também é muitas vezes determinada pela filosofia da empresa de preferir construir relações mais firmes e menos voláteis

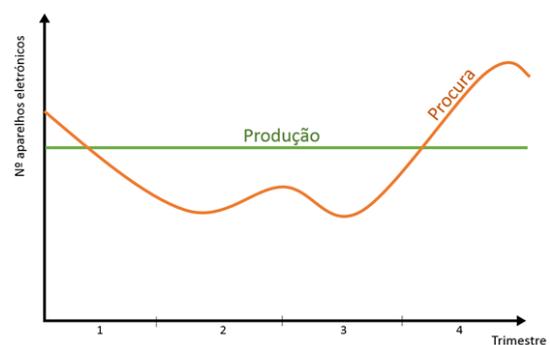


Figura 2 - Gráfico exemplo para nivelamento da procura

com os seus trabalhadores. No entanto, esta prática implica manter um alto nível de stock, que acarretam custos e lançar ordens de produção para inventário baseadas em previsões, o que acarreta risco.

- Perseguição da procura, é uma abordagem em que o planeamento persegue as flutuações da procura, como ilustra a figura 3, tendo em conta as previsões da procura ou os pedidos reais fazendo variar a capacidade através do aumento ou diminuição dos recursos humanos, das máquinas e dos tempos de laboração. Obviamente que isto gera instabilidade na qualidade da produção uma vez um operário recém-contratado ou a trabalhar horas extra está sujeito a cometer mais erros. Para além disso, esta abordagem também aumenta a complexidade nas tarefas de planeamento, mas num contexto em que os produtos são perecíveis e que os recursos são comuns, torna-se uma abordagem pertinente (por exemplo na mão-de-obra para a organização de eventos).

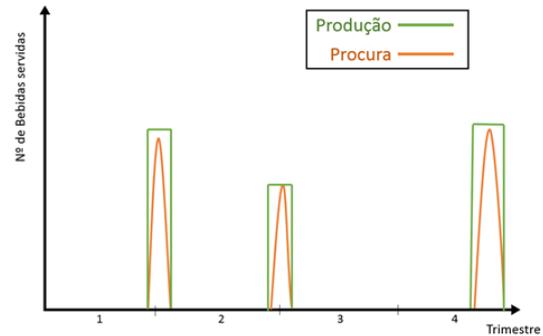


Figura 3 - Gráfico exemplo para perseguição da procura

- Gestão da procura, é uma abordagem que tenta influenciar a procura, de maneira a que esta se ajuste à capacidade disponível. Um dos métodos mais utilizados para fazer variar a procura de um produto é pelo seu preço. Se a procura diminuir e se pretender que a quantidade da procura continue ao mesmo nível da oferta terá de se aumentar a oferta baixando o preço. Esta estratégia é seguida muitas vezes em produtos com procura sazonal ou em produtos perto de perecer, por exemplo o caso dos supermercados que aplicam descontos a certos produtos, porque estão a chegar ao fim da validade. A procura pode também ser influenciada por campanhas de marketing.

Para se avaliar qual das abordagens é a mais ajustada Suwanruji & Enns (2016) indicam que “as duas dimensões de performance serão o nível de inventário e o nível de serviço ao cliente. O nível de inventário é baseado na quantidade de material em todos os níveis da cadeia de abastecimento e o nível de serviço ao cliente é baseado nos atrasos das entregas ao cliente.” Estes dois indicadores refletem os custos de stock e de rutura. No entanto Stevenson (2018) adiciona mais dois fatores importantes a considerar na escolha da estratégia e são elas a flexibilidade, ou seja, a facilidade com que se ajusta os recursos produtivos, e o outro será a política da empresa. Ao incorrer em custos de rutura a empresa deixará as suas relações com os clientes mais instáveis, no entanto se fizer variar muito a capacidade poderá não ter uma força de trabalho tão unida e fiel à empresa. Neste aspeto a gestão intermédia de produção poderá ser forçada a adotar uma ou outra estratégia mesmo que essa não seja a mais lucrativa a curto prazo. Em casos reais, a maioria das organizações vê-se obrigada a adotar uma mistura das três abordagens para lidar com a variação da procura, sendo que a predominância de uma delas estará associada às características de cada negócio. A forma como a procura varia e as diferentes estratégias usadas para que a capacidade lhe possa dar resposta irão ser elementos que influenciam o ambiente de produção.

2.2.3 - Gestão de stock

A gestão de stocks é mais um dos vários temas sobre o qual o Planeamento e Controlo de Produção se deve debruçar em praticamente todas as empresas pois quase todas costumam manter artigos em stock, quer sejam matérias primas, trabalho em curso de fabrico ou produtos acabados. Deve haver especial atenção no caso de empresas que usem a estratégia de Nivelamento da Capacidade. As circunstâncias do mercado que levam a empresa a adotar essa estratégia assim como as características físicas de um produto ou chão de fábrica que condicionam o seu armazenamento farão com que a decisão sobre os níveis de stock a manter seja mais um caso onde a caracterização da produção influencia o planeamento. Shenoy & Rosas (2018) indicam que a gestão de stock aborda 3 questões. Com que frequência deve ser revisto o nível de stock de um item? Quando deve ser colocada uma ordem de reabastecimento? Qual deve ser a quantidade indicada na ordem? Para responder a estas três questões os gestores de stock precisam de considerar as características dos artigos (tal como o perfil da procura, o tempo de reabastecimento, o momento de revisão de stocks e o tempo de vida do produto) que estão a ser geridos.

Aprofundando a segunda questão quanto ao momento em que é colocada uma ordem de reabastecimento é muito comum definir que esse momento é alcançado quando o nível de stock iguala o nível de reabastecimento. O nível de reabastecimento será o número de artigos em stock que gera um alerta para a necessidade de reabastecimento. Para calcular o nível de reabastecimento será preciso ter dados históricos da procura e do prazo de entrega do reabastecimento. A partir desses dados será calculada procura média diária (P_m), o tempo médio de reabastecimento em dias (Tr_m) e o stock de segurança para o nível de serviço que é desejado (Ss_{ns}). Segundo Stevenson (2018) o nível de reabastecimento poderá então ser calculado através da seguinte expressão:

$$(1) Nr = (P_m \times Tr_m) + Ss_{ns} ;$$

Para calcular o stock de segurança é usado o desvio padrão da procura σ e Z, que é o número de desvios padrões tabelado que será determinado pelo nível de serviço pretendido.

$$(2) Ss_{ns} = Z \cdot \sigma ;$$

Por um lado, um alto nível de produtos em stock aumenta o nível de capital paralisado e implica um maior e mais arriscado investimento uma vez que há propensão para que um produto se torne obsoleto no mercado ou se estrague. No chão de fábrica, as produções em grandes quantidades tornam o tempo médio de produção maior, reduzindo a capacidade da produção reagir às mudanças e ocupando espaço, que também é um ponto negativo e implica maior esforço logístico. Estes aspetos são conhecidos como custos de posse. Por outro lado, caso não haja produtos suficientes em stock e não se conseguia satisfazer a procura, a venda pode ser perdida ou sofrer uma penalização na margem de lucro se houverem custos associados à espera por parte do cliente. Esses custos são conhecidos como custos de rutura. Há que ter em conta por fim os custos de aprovisionamento que consoante as relações que existirem com o

fornecedor poderão trazer vantagens económicas que favoreçam ou não um aprovisionamento em grandes quantidades.

2.3 – Perspetivas da classificação da produção

2.3.1 - Ambientes de produção:

Uma das características que define a produção é a sua relação com os clientes e que tipo de estratégia usará para satisfazer as necessidades do mercado. Isto irá determinar alguns fatores e restrições que influenciarão o planeamento de produção como por exemplo o nível de stock do produto final e produto intermédio (em vias de produção). Chapman (2006) usa o termo “Influência do consumidor” enquanto outros como Jacobs, Berry, Whybark, & Vollmann (2011) e Sule (2008) usam o termo “ambiente de produção”. Slack, Chambers, & Johnston (2007) indicam que estes diferentes ambientes de produção são diretamente derivados do rácio P:D, sendo P o tempo que se demora a produzir o produto e D o tempo que um cliente espera até receber o produto depois de o pedir. Em diferentes setores temos diferentes valores para o P e o D, os tempos de produção variam e o tempo que os clientes estão dispostos a esperar varia, e é essa diferença entre tempos que leva as empresas a produzir para stock como condição, mesmo que isso incorra em maior investimento. Para além do maior investimento, devido ao stock, também há maior risco pois o processo produtivo é executado com vista a satisfazer procura independente.

A procura do cliente é considerada procura independente pois a decisão e o *timing* da compra por parte do cliente são independentes das ações da empresa. No entanto, depois de ser decidida a quantidade a produzir, a procura para os componentes desse produto pode ser considerada procura dependente, pois pode ser calculada e é depende diretamente das quantidades de produto final a produzir. Ao momento no processo de produtivo em que a procura passa de independente para dependente Jacobs, Berry, Whybark, & Vollmann(2011) atribuem o nome de “ponto de desacoplamento da ordem do cliente”. Este momento ocorre quando a empresa se torna responsável por determinar o *timing* e as quantidades a produzir, au invés do cliente.

Na literatura são encontrados 4 tipos de ambientes de produção diferentes que resultam dos diferentes rácios P:D e que têm 4 diferentes pontos de desacoplamento.

2.3.1.1 - Produção para Stock (*Make-to-stock*)

O cliente impõe um prazo de entrega “imediato” e a empresa vê-se inclinada a produzir para stock independentemente do tempo que o produto demorar a ser produzido pois se não tiver stock de produto acabado incorre em custos de rutura. Este caso é aplicável à maioria das situações em que é vendido um artigo a um consumidor final através de um ponto de venda. Por norma a produção é em grande quantidade e o mercado bastante competitivo em relação ao preço. A única decisão que o cliente toma é a de escolher se quer comprar ou não, e no caso de querer, qual dos produtos acabados quer comprar, isto sem participar na customização do produto, por exemplo roupa “pronto a vestir”, produtos num supermercado, combustível. Esta estratégia

implica que a empresa deve produzir tendo em conta que precisa de ter stock suficiente para satisfazer a procura dos seus clientes, logo todo o processo produtivo é guiado segundo previsões de procura (independente). Os fatores que mais influenciam o planeamento de produção neste ambiente são a manutenção dos níveis de stock de produto final, quer por previsões, no caso de o tempo de produção ser demorado, quer por perseguição da procura, caso o processo produtivo seja rápido. Nestes casos o objetivo é manter o stock de produto final próximo do stock de segurança ou das indicações resultantes do cálculo da previsão de necessidades. “Neste ambiente o plano mestre serve na verdade como um cronograma de montagem final, e pode ser visto como um plano de reabastecimento de stock de produto acabado (...) a satisfação de pedidos acaba por quase nunca passar pelo *Master production schedule* pois os pedidos são satisfeitos diretamente pelas quantidades em stock” (Chapman, 2006). O facto de haver uma folga criada pelo stock de segurança faz com que haja também a ambição de manter a produção estável e em quantidades que tornem o processo produtivo o mais económico possível.

2.3.1.2 - Montagem por encomenda (*Assemble-to-order*)

Neste caso “A empresa produz artigos em antecipação da procura, mas apenas configura estas submontagens ou componentes em produto para vender quando os pedidos reais dos clientes são recebidos” (Harrison & Petty, 2002). O cliente está disposto a esperar algum tempo pelo seu produto. Este caso é aplicável em situações em que é vendido um artigo sujeito a um nível de customização ditado pelo consumidor com opções previamente determinadas (por exemplo a aplicação de extras num automóvel). Nestes ambientes há uma maior variedade de oferta e por restrições de valor, dimensão ou outras condições, a empresa não consegue ter em stock produto acabado suficiente sem incorrer em demasiados custos de stock. No entanto uma vez que muitos dos seus artigos utilizam artigos intermédios semelhantes a empresa tem em stock esses artigos intermédios para diminuir o tempo entre o momento em que o cliente coloca a encomenda e o momento em que o cliente a recebe, retirando-lhe o tempo de produção dos artigos intermédios que são comuns entre os pedidos. O ponto de desacoplamento da ordem do cliente situa-se antes da montagem final e torna a finalização do produto uma resposta à procura dependente ao contrário do resto do processo produtivo. Nesta situação a satisfação do cliente depende tanto da gestão de stock de produtos intermédios como do agendamento das montagens. Embora seja importante assumir um compromisso de entrega para com o cliente e cumpri-lo, esse planeamento é feito num nível à parte, pois, o *Master production schedule* não costuma contabilizar sequer o stock de produto final. Uma vez que a variedade de produto final pode ser enorme, mas a variedade de produto intermédio é muito menor, é preferível focar o plano no stock do produto intermédio reduzindo assim a complexidade sem correr o risco de entrar em rutura. Isto torna o plano do *assemble-to-order* semelhante ao do *make-to-stock* num primeiro nível de produção ao qual depois é adicionado um segundo nível.

2.3.1.3 - Produção por encomenda (*Make-to-order*)

Semelhante à situação anterior de Montagem por encomenda, o cliente está disposto a esperar algum tempo pelo seu produto, mas o nível de influência que o cliente tem nesta situação é ainda maior. Neste caso difere o facto de que os artigos não contêm produtos intermédios em comum, mas apenas matérias primas comuns entre si (por exemplo bolos de casamento ou roupa feita à medida). Há uma variedade considerável de produtos que por restrições de valor, dimensão ou outras condições, a empresa não consegue ter suficiente produto em stock acabado sem incorrer em demasiados custos de stock. No entanto como o processo de *design* e engenharia do produto está feito e as matérias-primas entre artigos são maioritariamente comuns, a empresa pode diminuir o tempo entre o momento em que o cliente coloca a encomenda e o momento em que o cliente a recebe, retirando-lhe o tempo de aprovisionamento das matérias primas. “Um grande número de produtos finais podem ser feitos usando as habilidades e conhecimentos básicos da empresa. O *Master production schedule* é feito para as matérias-primas e recursos básicos que são usados para criar os produtos finais” (Sule, 2008). O ponto de desacoplamento da ordem do cliente está antes de qualquer processo produtivo, mas depois do processo de aprovisionamento e engenharia do produto. Nesta situação a satisfação do cliente depende da gestão de stock de matérias-primas, da gestão da capacidade e do agendamento de produção das encomendas. Neste ambiente já não há necessidade de produzir com base em previsões por isso o planeamento foca-se em acompanhar os pedidos e cumprir os prazos de entrega, mas obviamente que não pode negligenciar a tarefa de prever quanta matéria prima será necessária e, em certos mercados, prever até a capacidade necessária.

2.3.1.4 - *Design* por encomenda (*Engineer-to-order*)

O cliente está disposto a esperar o tempo necessário para que o produto que ele necessita seja produzido com todos os requisitos. Este caso é aplicável em situações em que a venda inclui o desenvolvimento de um projeto para o produto pedido, em que o cliente tem um alto nível de influência no seu desenvolvimento e o seu pedido está apenas limitado pela existência de processos de transformação da empresa que o consigam satisfazer. O artigo tem por norma um valor elevado e demora um tempo elevado até ser entregue, uma vez que precisa de passar pela fase de projeto e, na maior parte dos casos, aprovisionamento (por exemplo na construção civil de pontes). Uma vez que a variedade de produtos a ser produzidos é praticamente ilimitada e cada venda é diferente, o tempo entre o momento em que é feita a encomenda e o momento em que é entregue a encomenda pode já tornar-se considerável pois têm de se realizar todas as fases da criação do produto. O ponto de desacoplamento da ordem do cliente precede todas as fases de produção. Nesta situação a satisfação do cliente depende do cumprimento dos compromissos feitos ao cliente quer nos requisitos feitos no pedido quer na data de entrega, ou seja, a comunicação com cliente é o fator mais importante. Portanto, neste ambiente, o planeamento foca-se no acompanhamento dos projetos mantendo contacto com o cliente. Alguns autores consideram o planeamento neste ambiente parecido ao de produção por encomenda pois consideram a fase de desenvolvimento como um processo produtivo igual aos outros, no entanto o facto de o produto ter de ser desenvolvido torna a compromisso de entrega mais difícil de

calcular e acarreta mudanças para as outras tarefas do planeamento como o aprovisionamento e a gestão de capacidade. “Dificuldades em estimar o *lead time* e as datas de entrega, retrabalho dispendioso devido à perceção tardia de erros e desperdício de materiais” são algumas das características enumeradas por Pandit & Zhu (2007) para descrever este ambiente de produção.

	Design	Aprovisionamento	Fabricação	Entrega
Produção para stock	Pré-Pedido			Pós-Pedido
Montagem por encomenda	Pré-Pedido		Pós-Pedido	
Fabricação por encomenda	Pré-Pedido		Pós-Pedido	
Design por encomenda	Pós-Pedido			

Figura 4 - Processos pré-pedido e pós-pedido dos 4 ambientes de produção

“O *Master production schedule* deve refletir a estratégia que a empresa toma ao ambiente de negócio em que opera” (Jacobs, Berry, Whybark, & Vollmann, 2011). Um plano que contenha informação demais não irá ser cumprido ou será um desperdício de recursos, enquanto que um plano que não contenha a informação necessária irá resultar em erros, logo é imprescindível que o planeamento se foque nos fatores que são importantes para cada um dos ambientes de produção.

A figura 4 ilustra para cada ambiente produtivo, quais os processos pré-pedido e pós-pedido. Os processos feitos pré-pedido têm por base previsões da procura o que implica a tomada de riscos de incorrer em prejuízos caso a procura se desvie do planeado. Os processos executados pós-pedido terão em teoria um risco muito menor pois irão satisfazer a procura real, no entanto a sua execução é muito mais complexa e pode existir uma exigência muito maior a trabalhar sob pressão para satisfazer a procura, uma vez que não há a “folga” do stock de segurança. Isto faz com que um planeamento focado nos níveis de stock e nos planos mais económicos sejam adequados para um ambiente e que um planeamento focado no acompanhamento de cada pedido seja mais indicado para outro ambiente.

2.3.2 -Tipos de processos:

É importante avaliar a produção através do seu grau de flexibilidade. Isto é feito, compreendendo os tipos de processos produtivos que uma empresa executa. Esta categoria classifica os processos através do volume e da variedade dos produtos deles resultantes. Chapman (2006) e Slack, Chambers, & Johnston (2007) descrevem 5 tipos de processos produtivos que por terem ritmos e níveis de variedade diferentes irão implicar diferentes tipos de planeamento.

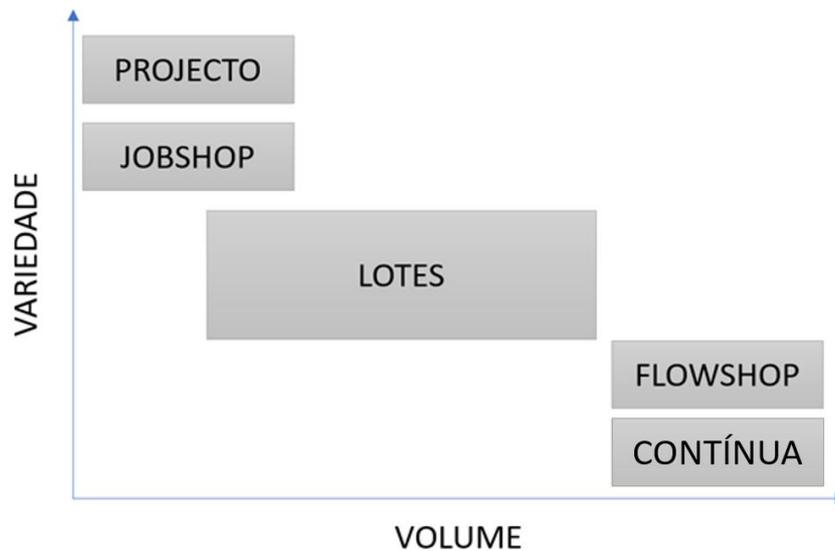


Figura 5 - Variedade e volume dos vários tipos de processos

Através da figura 5 é perceptível que os 5 tipos de processos poderiam ser pontos numa linha reta que diminui em variedade à medida que aumenta no volume e que certas áreas do diagrama cartesiano estão a branco. Estas zonas são produções com processos não ideais. No caso de uma empresa ter um processo com pouca variedade e pouco volume está a perder a oportunidade de tirar partido de economias de escala, enquanto no caso da empresa ter muita variedade e muito volume estará provavelmente a incorrer em grandes custos de stock ou poderia dividir as suas produções em subproduções para assim gerir melhor os seus recursos. Uma vez que só nos interessa planear de forma correta produções que usem processos pertinentes só precisamos de analisar os 5 tipos que compõem a linha de proporcionalidade inversa entre a variedade e o volume.

2.3.2.1 - Produção intermitente unitária (por projeto)

Um processo de produção por projeto assume como resultado um produto único que nunca foi feito antes nem será repetido. Este tipo de processo é aplicável a produtos muito elaborados e de grande dimensão com um forte valor acrescentado, por exemplo a produção de navios. Os prazos de produção rondam os meses ou anos e, como a variedade de produção é alta a taxa de utilização de cada equipamento pode ser baixa. O Planeamento e controlo de produção, que costuma ser feito por grupos de pessoas dependendo dos tamanhos dos projetos, foca-se na gestão dos recursos e controlo de prazos em função do caminho crítico, pois são essas as atividades que mais influenciam a data de conclusão e consequentemente os custos de produção. “O mapa de um processo por projeto será com certeza complexo, por um lado porque cada produção unitária é enorme e há várias atividades a ocorrer ao mesmo tempo, e por outro lado porque as atividades neste processo envolvem o critério de agir de acordo com a capacidade crítica profissional” (Slack, Chambers, & Johnston, 2007). Embora o processo não seja completamente mapeado ao detalhe muitas partes do processo são ou vão sendo planeadas com mais detalhe na hora à medida que a produção vai avançando.

2.3.2.2 - Produção Intermitente Múltipla (*Job shop* ou por trabalho)

Num processo de produção por *job shop* os recursos utilizados são flexíveis e usados em diferentes tarefas, e os produtos embora sejam diferentes e precisem de tarefas diferentes podem precisar de usar os mesmos recursos como por exemplo numa empresa que faça pinturas e revestimentos de peças ou na produção de ferramentas para máquinas. Os prazos de produção rondam os dias ou semanas, e acabam por estar mais dependentes da performance do trabalhador. Para aumentar a hipótese de vendas as empresas podem aumentar a variedade de oferta obtendo mais máquinas o que faz as taxas de utilização dos equipamentos serem médias/baixas. “O trabalho neste ambiente irá decorrer de uma forma um pouco incerta devido à grande variedade de *designs* para cada trabalho (...) as trocas de informação tendem a ser informais e pouco detalhadas” (Chapman, 2006). O planeamento e controlo de produção foca-se na saturação da capacidade dos seus recursos e no controlo dos prazos das encomendas, pois neste caso a empresa pode estar a produzir peças unitárias, mas para vários clientes ao mesmo tempo obrigando os recursos a ser partilhados pelas encomendas. O mapa do processo é menos complexo que o do processo por projeto pois os produtos acabam por ter uma escala menor, mas o horizonte temporal do planeamento continua a ser curto.

2.3.2.3 -Produção Repetitiva Intermitente (por Lotes)

Num processo de produção por Lotes há uma repetição de tarefas e dependendo da quantidade do Lote o processo pode-se assemelhar ao processo de produção por *job shop*. Por norma é aplicável a produtos complexos normalizados, produzidos mais que uma vez, não continuamente, mas sim em grupos ou lotes, por exemplo o fabrico de móveis ou roupa. Os prazos de produção rondam a dimensão das horas ou dias e o equipamento do qual a empresa dispõe costuma ser mais especializado que num *job shop*, o que faz com que a taxa de ocupação dos equipamentos tenha um nível médio/alto. Uma vez que o processo não é contínuo, o produto é transportado em lotes. A produção por lotes encontra-se no intermédio entre os grupos de produção repetitiva e intermitente e o PCP foca-se nas quantidades indicadas a serem produzidas em cada lote de produção, pois esses fatores irão influenciar os custos de stock, de rutura e a taxa de utilização dos equipamentos. Para além disto também é dada atenção ao sequenciamento de lotes uma vez que o horizonte temporal do planeamento é maior e procura-se obter um processo de aprovisionamento mais exato e preciso.

2.3.2.4 - Produção Repetitiva discreta (por *flow shop*)

O processo de produção por *flow shop* por norma é aplicável a produtos standard de grande consumo contabilizados peça-a-peça, mas com quase nenhuma variedade, por exemplo a produção de telemóveis. “O que caracteriza o *flow shop* é a existência de um número de máquinas ou centros de trabalho nos quais todos os trabalhos são processados na mesma sequência. No entanto o tempo de processamento para cada trabalho em cada máquina pode variar” (Sule, 2008).

Os equipamentos costumam ser otimizados para fazer uma única tarefa de maneira repetitiva e eficiente o que faz com que o trabalhador tenha um trabalho mais monótono e estável. Os prazos de produção rondam a dimensão dos minutos ou horas e a taxa de ocupação dos equipamentos costuma ser alta porque quase não há pausas na produção. O PCP foca-se em tentar reduzir ao máximo os custos de produção através do uso de economias de escala e planos de amortização de equipamento longos, uma vez que o mercado é competitivo para este tipo de produtos. O plano deste tipo de produções costuma ser focado em volumes o que é mais simples e o seu controlo mais fácil de medir e criar indicadores de performance por não haver tantas variáveis que a desestabilizam.

2.3.2.5 - Produção Repetitiva contínua

A produção contínua é muito semelhante à produção por *flow shop*, mas não é contabilizado produto individual. “Às vezes estes processos são literalmente contínuos no sentido de que os produtos são inseparáveis e são produzidos num fluxo sem indicação futura para parar” (Slack, Chambers, & Johnston, 2007). São por norma aplicáveis a produtos standard de grande consumo sem que sejam contabilizadas peças, por exemplo eletricidade ou as refinarias de petróleo, onde a produção inteira pode ser resumida a um único processo. Alguns aspetos em que a produção contínua se distingue da produção discreta é na diminuição da já pequena variedade e o investimento para otimizar o processo é ainda maior. O planeamento para este tipo de processo foca-se em manter o processo ativo para que este nunca pare e o controlo da produção e do produto é feito de forma automatizada uma vez que seria complicado para uma pessoa controlar algo que é difícil de contabilizar o que torna o plano algo simples e agregado.

Em conclusão, o trabalho do planeamento e controlo de produção irá variar em vários aspetos dependendo da variedade e do volume dos produtos na produção, tal como está ilustrado na Figura 6. O tipo de processo usado na produção irá influenciar bastante a natureza do planeamento e os aspetos em que ele se foca. Chapman (2006) salvaguarda que na realidade será comum haver uma mistura destes 5 tipos de processo numa dada organização.

Volume	Variedade	Capacidade de resposta	Horizonte do planeamento	Fatores Decisivos do Planeamento	Decisões de Controlo	Complexidade	Taxas de ocupação
Baixo	Grande	Lenta	Curto	Timing	Detalhadas	Muita	Baixas
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Alto	Pequena	Rápida	Longo	Volume	Agregadas	Pouca	Altas

Figura 6 - Direção da proporcionalidade entre características do processo e fatores do planeamento e controlo de produção

2.3.3 - Layout

“O *layout* de uma operação diz respeito à localização física dos recursos transformadores. Isto implica decidir onde colocar todas as instalações, máquinas, equipamentos e funcionários na operação” (Slack, Chambers, & Johnston, 2007).

Esta é uma característica a ter em conta para se avaliar um plano de produção e será bastante relevante na alocação de recursos, na complexidade da sequenciação de tarefas e nos níveis de stock de produtos intermédios.

Os *layouts* podem resultar de restrições de segurança e qualidade, mantendo processos produtivos isolados do resto da produção. O *layout* também pode ser resultado das características dos produtos ou dos equipamentos que por serem difíceis de serem movimentados durante a produção se tornam uma restrição. A maioria dos *layouts* práticos derivam de quatro básicos tipos de *layout*:

2.3.3.1 - Layout de Posição-Fixa

Os produtos a serem transformados têm uma posição fixa e são os recursos de transformação que se movem para o local onde o trabalho precisa de ser executado. Isto ocorre quando o produto é grande demais para ser movido, delicado demais para ser movido ou tem uma posição fixa que não pode ser alterada (por exemplo a construção de uma estrada, ou durante uma cirurgia). Nesta situação o planeamento está menos concentrado no local do produto e mais concentrado na movimentação dos equipamentos e dos trabalhadores. O *timing* para que os recursos corretos estejam no local correto com as condições necessárias assume o papel principal. Segundo Slack, Chambers, & Johnston (2007) o maior problema neste tipo de *layout* é atribuir um local a cada operador de forma a que ele tenha o espaço que precisa para si, para as ferramentas e para os materiais sem que interfira com as movimentações e trabalhos dos outros operadores, minimizando as movimentações totais.

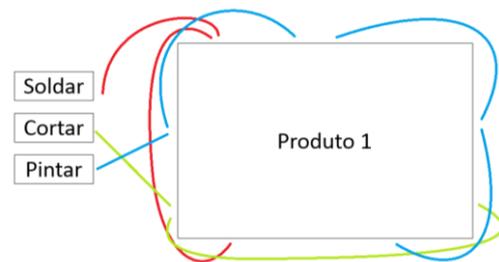


Figura 7 - Ilustração de um layout posição fixa

2.3.3.2 - Layout Funcional

Os recursos estão organizados e agrupados por função criando zonas dedicadas a um dos processos transformativos, o que significa que os produtos fluem pelo *layout* consoante o processo transformativo que precisam que seja realizado. “Normalmente, isto torna o padrão dos fluxos das operações algo complexo” (Slack & Brandon-Jones, 2018).

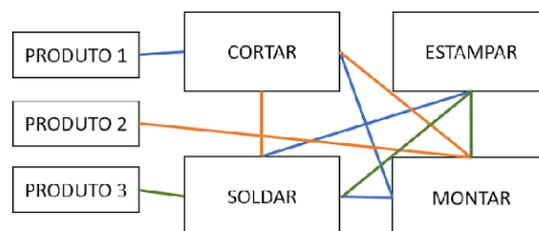


Figura 8 - Ilustração de um layout funcional

Isto acontece quando é mais fácil movimentar os produtos do que seria movimentar os equipamentos, ou quando é conveniente que os recursos com o mesmo processo transformativo trabalhem juntos (por exemplo uma empresa metalomecânica, ou uma universidade).

Os trabalhadores, tal como os produtos, também se deslocam entre os centros de trabalho, para realizarem tarefas, sendo fixos apenas os equipamentos. Neste caso o sequenciamento das tarefas que cada recurso deve executar ganha mais importância no plano para que os materiais e os trabalhadores tenham sempre equipamentos disponíveis sem que a produção pare ou acumule produto intermédio ao ponto de dificultar as tarefas.

2.3.3.3 - Layout por produto

Os recursos estão organizados segundo a conveniência e simplificação dos fluxos dos produtos, para que a sua localização siga a sequência do processo produtivo do produto, fazendo com que estes fluam continuamente pela “linha de produção”. “Os layouts por produto são usados para obter um fluxo rápido e regular de grandes volumes através de um sistema” (Stevenson, 2018).

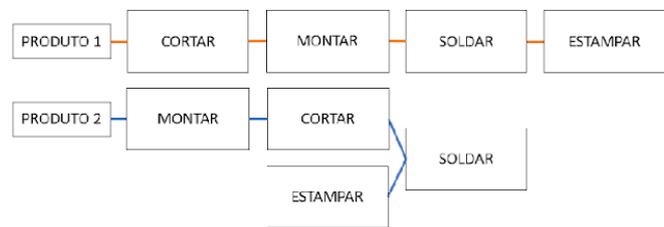


Figura 9 - Ilustração de um layout por produto

Neste caso para cada produção

movem-se e os produtos enquanto os equipamentos e as pessoas se mantêm no mesmo local. Isto acontece quando é preciso produzir um produto em volumes muito grandes sem aumentar o material intermédio para volumes impraticáveis (por exemplo a montagem de automóveis).

O plano de produção deve atribuir objetivos à linha de produção e certificar-se que esta vai funcionando ao ritmo desejado focando-se mais no volume de produção do grupo e menos nos recursos individuais.

2.3.3.4 - Layout Celular

Os recursos estão agrupados em células de acordo com uma sequência de processos que uma família de produtos com características parecidas precisa de percorrer. A célula pode não percorrer a sequência de processos inteira como no layout por produto, mas também não fica limitada a dedicar-se a um só produto formando um layout que mistura qualidades do layout por produto e qualidades do layout funcional, isto acontece quando uma empresa oferece alguma variedade de produto, mas sem que os processos de manufatura sejam muito diferentes entre produtos (produção de produtos eletrónicos). “Os benefícios associados ao layout celular incluem quantidades

mínimas de produto em vias de produção, necessidade de pouco espaço e *lead times* baixos assim como bons níveis de qualidade e produtividade com maior flexibilidade” (Stevenson, 2018).

Neste caso o planeamento acaba por se focar na mesma informação que estaria num plano de um *layout* funcional, mas o seu resultado será muito mais simples.

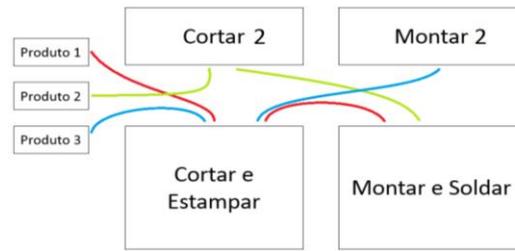


Figura 10- Ilustração de um layout celular

Tal como foi referido anteriormente a maioria dos *layouts* derivam destes 4 tipos de layout no sentido em que em muitos casos pode existir uma mistura destes 4 tipos num chão de fábrica. O *layout* é algo muito importante para a eficiência do processo e o plano de produção deve ter esta característica da produção em conta para assim guiar e controlar a localização de todos os artigos, equipamentos e trabalhadores focando-se em fornecer a informação necessária.

2.4 - Planeamento e Controlo de Produção

“Para que uma organização seja eficaz e eficiente a servir os seus clientes, os gestores da organização devem entender e aplicar certos princípios fundamentais do planeamento de produção e também devem controlar os resultados do processo produtivo à medida que este vai decorrendo” (Chapman, 2006).

“O sistema de planeamento e controlo da produção tem em conta o planeamento e o controlo de todos os aspetos da produção, incluindo a gestão de materiais, o agendamento do trabalho de máquinas e pessoas e a coordenação de fornecedores e clientes chave” (Jacobs, Berry, Whybark, & Vollmann, 2011). Todos os fatores externos à produção que a possam influenciar devem ser estudados e todos os fatores internos devem ser planeados e controlados.

Jacobs, Berry, Whybark, & Vollmann (2011) indicam que as atividades do PCP podem ser repartidas em três horizontes temporais: longo, médio e curto prazo. Nas atividades a longo prazo são delineados os objetivos que se pretendem cumprir e o rumo que se quer dar à empresa. É nesta esfera temporal que são tomadas decisões quanto à obtenção de edifícios ou a formação de parcerias-chave com outras empresas. A médio prazo começa-se a elevar o nível de detalhe no plano e começam a ser enunciadas as quantidades exatas que necessitam de ser produzidas para satisfazer a procura. A curto prazo quando as datas de conclusão já estão perto é então elaborado um planeamento mais detalhado baseado nos dados provenientes do controlo como a procura real, a capacidade disponível real e os stocks reais. Os processos são controlados para confirmar que as estimativas de capacidade batem certo e o controlo toma o papel principal para garantir que a produção cumpre o previsto.

Para além dos três horizontes temporais, Olhager & Selldin (2007) refere que para executar este processo existem quatro níveis hierárquicos.

O primeiro será o planeamento das operações e das vendas (*Sales and operations planning, SOP*), que envolve a análise da informação dos outros níveis para que possa indicar qual a melhor forma de encaixar o processo de planeamento e controlo nos processos que o precedem e o sucedem. Isto significa comunicar de maneira clara com o processo de vendas para que sejam planeados compromissos realistas com os clientes.

Em segundo estará o desenvolvimento do *Master production schedule (MPS)*, que é um mapa ou uma lista que contém a informação do plano de vendas com todos os pedidos e previsões para todos os produtos e combinando isso com o planeamento de capacidade determina as quantidades de produto final a serem produzidas e a sua cronologia. Este será o resultado onde todas as considerações do processo de planeamento culminam e o guia para o processo de controlo. Cada produto final tem uma composição, quer ela seja de matérias primas ou componentes produzidos, à qual chamamos Lista de Materiais, para além da composição na ficha do artigo costuma haver indicação do tempo de processamento.

Através da informação sobre os resultados que devemos obter do MPS, e as informações sobre a estrutura das produções vindas da ficha do artigo poderá ser obtido o terceiro nível hierárquico, o planeamento de necessidades de materiais ou *Materials requirement planning* (MRP). No MRP estarão indicadas as ordens de compra e de produção que irão satisfazer a programação da produção dos produtos finais. Uma vez que o MRP faz a análise e o cálculo de uma grande quantidade de informação este é muitas vezes incorporado em softwares ERP (*Enterprise resource planning*). Uma vez que a realidade de uma empresa é bastante complexa o cálculo automático do MRP tem muitas vezes que ser completado ou ajustado através das tarefas de Carregamento, Sequenciamento e Agendamento. Depois do MRP ser ajustado, a informação é transmitida ao chão de fábrica através de Ordens de produção.

Por último, vem o controlo do chão de fábrica que supervisiona a execução dos planos criados com o intuito de os fazer cumprir e recolher *feedback* sobre a performance dos recursos. Para além disso, é neste nível que se recolhe a informação necessária que irá alimentar as decisões nos outros níveis hierárquicos.

Como é possível observar na figura 11, todo o processo do planeamento e controlo de produção culmina na execução dos produtos.

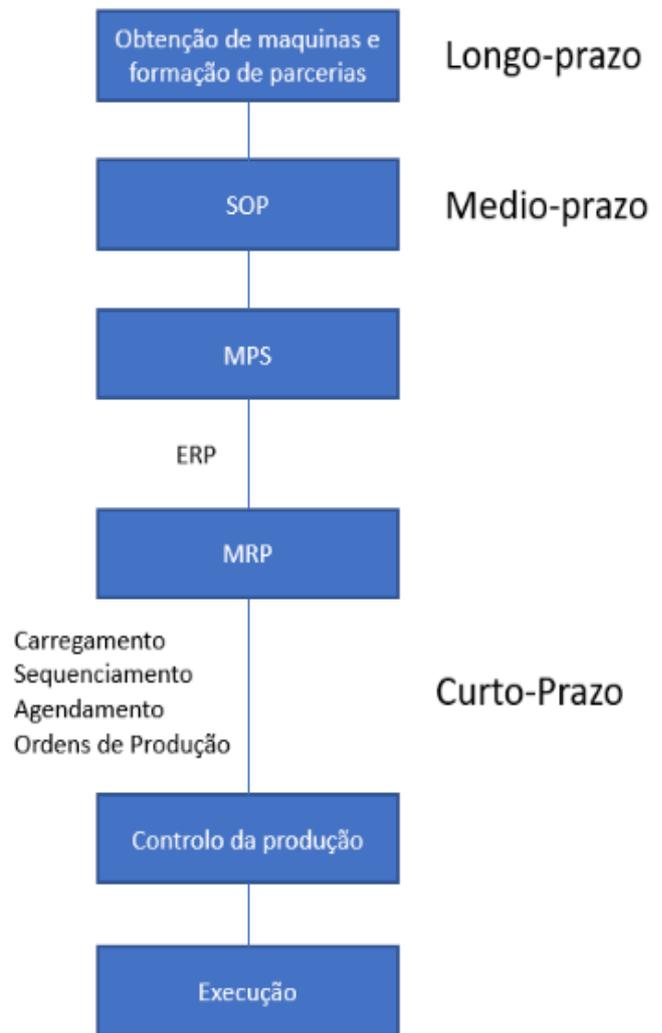


Figura 11 - Etapas do Planeamento e controlo de produção

2.5 - Questões do Planejamento e controle de produção

Slack, Chambers, & Johnston (2007) indicam que o planejamento e controle de produção se foca em quatro atividades: carregamento, sequenciamento, agendamento e monitorização. Estas atividades podem ter nomes diferentes, dependendo dos autores, mas os seus conceitos surgem de quatro questões essenciais ao funcionamento de uma produção que o PCP tenta responder. Tal como a figura 12 indica, estas questões importantes têm respostas que por vezes se sobrepõem, mas para compreender os básicos precisamos de definir como responderemos a cada uma delas individualmente.

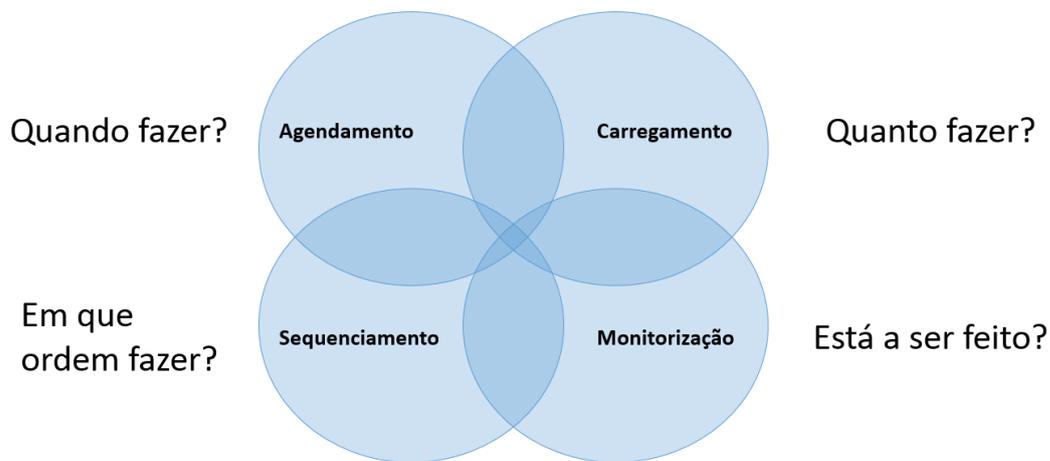


Figura 12 - Questões do planeamento e controlo de produção. Adaptado de (Slack, Chambers, & Johnston, 2007)

2.5.1 - Carregamento: quanto fazer?

Para que seja decidido quanto fazer será primeiro preciso aferir quanto conseguimos fazer. Um recurso tem uma capacidade limitada que precisa de ser calculada a partir da sua velocidade de produção, do seu horário de funcionamento e da regularidade com que falha ou precisa de manutenção. Depois de adquirir esta informação há a hipótese de fazer o carregamento para capacidade finita e o carregamento para capacidade infinita.

Slack, Chambers, & Johnston (2007) referem que no carregamento para capacidade finita o volume de trabalho carregado num centro de trabalho nunca ultrapassa o limite de capacidade definido, mesmo que isso signifique atrasos previstos. Esta limitação pode até nem ter efeitos negativos no negócio, mesmo com as quantidades da procura a exceder as quantidades da oferta esta situação pode gerar um certo estatuto de exclusividade para o produto (por exemplo no mercado de carros desportivos).

No carregamento para capacidade infinita o volume de trabalho carregado num centro de trabalho pode ultrapassar o limite de capacidade definido caso isto seja preciso para que a produção não se atrase. O carregamento continua a ser guiado pela

capacidade calculada, mas caso haja a necessidade de a exceder para que a procura seja satisfeita é exigido um esforço extra dos recursos para que a produção aumente. Isto é posto em prática em ambientes em que os custos de rutura não podem ser sustentados ou é tomada a decisão de não deixar a procura insatisfeita (por exemplo no caso de um hospital).

Várias técnicas podem ser usadas para se calcular a capacidade necessária e se fazer o carregamento, como por exemplo o *rough cut capacity planning*, o *capacity requirements planning* e o *finite capacity scheduling*, sendo algumas mais complexas que outras.

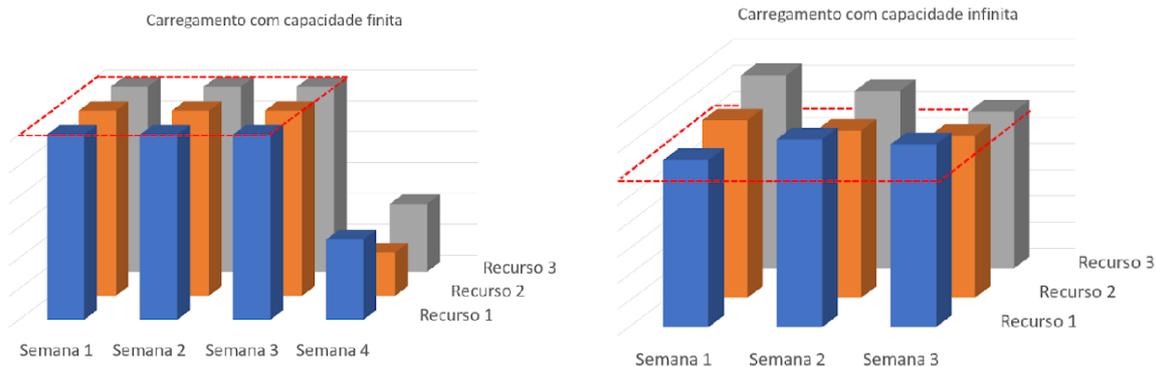


Figura 13 - Ilustração de Carregamento por capacidade finita vs Capacidade infinita. Adaptado de (Slack, Chambers, & Johnston, 2007)

2.5.1.1 - Rough Cut Capacity Planning (RCCP)

O *rough cut capacity planning* ou planeamento de capacidade agregada é um método que recolhe a informação do *Master production schedule* e que através da informação que tiver sobre a produção dos artigos finais indica se é possível que a capacidade disponível execute o plano delineado para satisfazer a procura. “Com o RCCP, os líderes e mestres do planeamento podem rapidamente identificar obstáculos ao plano sem se perderem em muito detalhes. Eles fazem-no focando-se nos recursos críticos para a empresa. Estes recursos podem ser o trabalho, os equipamentos, o material, o espaço, a capacidade do fornecedor e em alguns casos dinheiro” (Proud, 2007). Um dos recursos chave mais comuns é a quantidade de trabalho, ou seja, as horas afetadas diretamente à produção de um artigo, por exemplo, para que seja estampado um tubo serão necessários 30 segundos. Ao juntarmos a informação que nos indica quais os artigos e em que quantidades precisamos de produzir, quais as suas datas de entrega, e qual é o trabalho necessário para produzir cada um, poderemos tornar uma lista de artigos finais numa lista de trabalhos.

Para determinarmos a quantidade de trabalho que cada artigo individual necessita também haverá diferentes métodos. Jacobs, Berry, Whybark, & Vollmann (2011) indicam três. Podem ser usados dados históricos (*capacity planning using overall factors*) quando para cada artigo existem dados de produções passadas (da duração da produção total ou de cada processo da produção) que podem ser usados para calcular uma média e usá-la como previsão de performance, dados normalizados das fichas técnicas (*capacity bill procedure*) onde os tempos de todas as tarefas necessárias à produção estão determinados através de um momento em que foram medidos, e dados

específicos do perfil dos recursos (*resource profiles*) para quando há registos de performance de cada recurso para cada artigo produzido. Usando um destes métodos acabamos com a indicação de quantas horas de trabalho serão precisas para cada um dos postos de trabalho se quisermos produzir as quantidades que estão indicadas no MPS.

2.5.1.2 - *Capacity Requirements Planning (CRP)*

O *Capacity requirements planning* ou Planeamento de requisitos de capacidade é uma evolução do planeamento de capacidade agregada juntando, à informação de produtos a entregar e o trabalho que cada produto necessita, o planeamento de materiais (MRP). Isto é, usando este método é também tido em conta os stocks de produto final e intermédio existentes, assim como ordens de trabalho já entregues em vias de produção para que só o necessário seja produzido, tal como está representado na figura 14. Para que isto seja possível será preciso ter acesso ao estado atual do chão de fábrica e às ordens previstas do MRP. Isto traz uma precisão maior ao carregamento pois evita a produção em excesso e os desperdícios. “Um dos problemas que complica o uso efetivo de um CRP detalhado é que o MRP está constantemente a mudar à medida que o material é produzido, recebido ou usado na produção. Por essa razão o CRP associado está também constantemente a ser alterado o que torna mais difícil geri-lo de forma eficaz” (Chapman, 2006).



Figura 14 - Diferentes tipos de quantidades consideradas no cálculo do MRP

2.5.1.3 - *Finite Capacity Scheduling*

O método mais complexo e detalhado é o da capacidade finita que pode ser considerado o passo seguinte do CRP. Enquanto no CRP o planeamento de materiais é tido em conta para o planeamento de capacidade, neste método o planeamento de materiais e de capacidade são criados em simultâneo, ou seja, na eventualidade da capacidade ter dificuldade em se adaptar ao plano de materiais, então o plano de materiais irá adaptar-se ao plano de capacidade. Ao contrário dos outros métodos este preocupa-se mais com restrições em ambos os lados e tenta encontrar a melhor solução possível para ambos. Isto implica que o carregamento do trabalho para um recurso produtivo está sempre interligado com o carregamento do processo anterior e do processo seguinte para que haja um fluxo muito mais apertado. Tal como o CRP este método precisa de ser atualizado constantemente, no entanto ele é ainda mais complexo que o anterior e é por isso que por norma é calculado e automatizado com a ajuda de *softwares* como sistemas de planeamento avançado (APS). Os algoritmos do

APS que fazem o carregamento da capacidade finita costumam também indicar o agendamento das tarefas.

“O agendamento finito carrega todos os trabalhos em todos os centros de trabalho necessários para o horizonte de planeamento considerado. Por esta razão os termos de Agendamento finito e carregamento finito tendem a ser usados indistintamente” (Jacobs, Berry, Whybark, & Vollmann, 2011).

Na escolha do método de carregamento que deveremos usar Jacobs, Berry, Whybark, & Vollmann (2011) referem que os três métodos são usados em diferentes horizontes temporais sendo o RCCP usado a longo-prazo, o CRP a médio-prazo e o *Finite Loading* a curto-prazo deixando assim a possibilidade para se usar os três, no entanto isso poderia implicar muito trabalho, por vezes redundante. Tenhiala (2011) propõe que a escolha do método mais indicado esteja relacionada com o tipo de processo da empresa. O RCCP é o mais indicado para *job shops* pois há uma grande variedade na produção e poucas repetições. Isto gera escassez de dados que irá dificultar a criação de planos detalhados corretos. Para além disto os trabalhadores num ambiente *job shop* são muito mais especializados nas suas tarefas e não há problema em deixar liberdade ao operário para tomar as decisões mais apropriadas segundo o seu próprio julgamento profissional. O CRP é o método mais apropriado à produção por lotes, pois a repetição das produções gera dados necessários como fichas técnicas que servirão para se calcular os resultados. Por fim, os métodos de capacidade finita são pertinentes em ambientes de produção por lotes onde existem recursos gargalo que ditam o ritmo dos outros processos. Isto porque a capacidade finita é um processo muito complexo e na prática não é adotado por muitos profissionais a menos que esse recurso seja muito importante para todo o sistema. Nos casos de produção contínua, o carregamento acaba por ser extremamente simples e os dados extremamente abundantes, sendo fácil aplicar algoritmos de *finite loading*.

Para além da capacidade dos centros de trabalho será também relevante durante esta fase o estudo da quantidade económica, principalmente na produção por lotes. Durante esta atividade esperamos então encontrar resposta para a quantidade que cada centro de trabalho precisa de produzir, o que significa decidir quem irá fazer as ordens de produção, quanto irá fazer de cada vez e quanto irá fazer cada centro de trabalho em cada dia, de maneira a que os recursos sejam aproveitados ao máximo e os custos de produção, stocks e rutura reduzidos ao mínimo. A figura 15 relaciona de forma resumida a relação que cada tipo de método de carregamento tem com cada tipo de processo produtivo.

	Jobshop	Lotes	Lotes com recurso gargalo	Flowshop e continua
Sem planeamento de capacidade	Desadequado, por não haver validação do plano enviado pelas vendas irão surgir muitos erros			
RCCP	Adequado	Desadequado, por haver um método mais preciso e possível		
CRP	Desadequado, a falta de informação torna o processo demasiado difícil	Adequado	Desadequado, por haver um método mais preciso e possível	
Finite Loading		Desadequado, por precisar de demasiados recálculos	Adequado	

Figura 15 - Quadro de Relações entre tipos de processo e métodos de carregamento. Adaptado de (Tenhiala, 2011)

2.5.2 - Sequenciamento - em que ordem fazer?

À medida que as encomendas chegam é preciso decidir a ordem pela qual as executar. Essa ordem é definida por regras ou pela prioridade que cada encomenda tem em relação às outras. Algumas destas regras e prioridades são bastantes complexas e nem sempre são fixas, no entanto algumas são mais frequentes e transversais a vários setores. Slack, Chambers & Johnston (2007) enunciam algumas das mais comuns.

O sequenciamento pode ser determinado por restrições físicas caso seja vantajoso executar algumas tarefas por características físicas do produto (por exemplo na produção de tintas fazem-se primeiro as cores mais claras e depois as gradualmente mais escuras). Outra característica determinante no sequenciamento é a prioridade do cliente. A importância que um cliente tem para o negócio ou o tipo de relação que se tem com o cliente pode influenciar a prioridade que a sua encomenda tem no plano de produção (por exemplo o sequenciamento de cirurgias tem em conta a prioridade de cada paciente segundo o seu estado de saúde). O sequenciamento também pode ser determinado pela data de entrega das encomendas. Durante a venda ou a geração da ordem de produção é decidida uma data de entrega que irá representar a prioridade dessa produção no sequenciamento. A execução de encomendas dando prioridade às encomendas com as datas de entrega mais próximas (EDD, *Earliest Due Date*) procura diminuir os atrasos, mas uma vez que isto ignora o volume das encomendas pode acontecer que esta não seja a opção melhor em termos de atrasos. Outra data que pode ser usada como fator de prioridade é a data de chegada. As encomendas podem ser satisfeitas consoante a ordem de chegada quer dando prioridade às que chegaram por último (LIFO, *Last-In-First-Out*) (usado no transporte de bens, os últimos a serem carregados são os primeiros a ser entregues), quer dando prioridade às que chegaram primeiro (FIFO, *First-In-First-Out*) (usado em filas de espera para atendimento ao balcão). Por fim, o tempo de processamento pode também ser a característica decisiva em decisões de sequenciamento, podendo este tempo incluir o tempo de *setup* e limpeza. A partir desta informação pode ser dada a prioridade às produções com maior tempo de processamento (LOT, *Longest Operation Time*) (caso se queiram manter os recursos com ocupação estável nesse momento) ou menor tempo de processamento (SOT,

Shortest Operation Time) (caso se queira diminuir o número de clientes em fila de espera) que pode ser obtido agrupando produções que usem as mesmas ferramentas eliminando ao máximo o tempo de *setups*.

Durante o sequenciamento a resposta que se pretende obter é a ordem pela qual os trabalhos devem ser feitos. A regra seguida e a prioridade pode ser uma das que foram mencionadas ou qualquer outro método (como uma heurística) que se adapte melhor à situação. As regras de sequenciamento podem muitas vezes sacrificar alguns indicadores de performance para poder obter melhores resultados noutros. “Se o principal objetivo é a redução do stock de produtos em vias de produção, é provável que o tempo ocioso do trabalhador aumente” (Nahmias & Olsen, 2015). Para avaliar a qualidade do método de sequenciamento Stevenson (2018) propõe 4 indicadores. O tempo de fluxo do trabalho, que é medido desde que um lote chega a um centro de trabalho ou sistema até que é produzido e sai do centro de trabalho, o atraso do trabalho, que mede a diferença entre as datas de entrega prometidas e as datas de conclusão do trabalho, o *makespan*, que é o tempo necessário para a conclusão do último trabalho de uma produção, e o número de produtos em vias de produção no chão de fábrica.

2.5.3 - Agendamento - quando fazer?

Em seguimento do sequenciamento segue-se o agendamento, em que a cada ordem de produção deverá ser atribuída uma data de início e uma data de conclusão e a cada recurso deverá ser atribuído um horário. O agendamento de produção é uma característica fulcral do negócio que gera valor para o cliente e o agendamento de recursos gera condições de trabalho para os recursos e trabalhadores. Se a resposta tiver de ser imediata aos pedidos o agendamento recairá mais sobre os recursos. Caso haja alguma folga no horário da produção, isto é, o tempo disponível ser maior que o tempo necessário, então o agendamento terá de decidir se segue a regra de *Forward Scheduling* (começar o trabalho o mais cedo possível) ou *Backward Scheduling* (começar o trabalho o mais tarde possível sem que este fique atrasado). Slack, Chambers, & Johnston (2007) explica que o *Forward Scheduling* se foca em manter os recursos ocupados e o sistemas mais preparado para lidar com aumentos de trabalho, enquanto o *Backward Scheduling* tem a vantagem de reduzir os custos relacionados com existências e manter o sistema mais preparado para lidar com diminuições de trabalho. O MRP e o *Just-in-Time* (uma metodologia que se foca em produzir tudo na hora exata para assim reduzir stocks e tempos de ciclo) ambos usam *Backward Scheduling*.

O agendamento é a atividade que mais se interrelaciona com as outras. O carregamento infinito é definido pelas datas de entrega que são decididas no agendamento, enquanto o carregamento finito é calculado através do agendamento fixo dos recursos. O sequenciamento tal como o carregamento é uma atividade que precede e em parte alimenta o agendamento sendo muitas das vezes feito em conjunto. As respostas dadas pelo agendamento podem conter os resultados do carregamento e do sequenciamento formando o plano de produção que conclui a fase do planeamento transitando assim para a fase de controlo e monitorização. Os resultados do agendamento também possibilitam que o planeamento de produção possa comunicar ao departamento das vendas a informação que este necessita para saber o pode

prometer aos clientes. Uma das formas de o fazer será através da ferramenta *available-to-promise* (ATP).

2.5.3.1 – Available-to-Promise

Para que a produção dê respostas aos seus clientes e se guiem as vendas será preciso que o PCP tenha acesso às capacidades produtivas ainda livres do seu sistema e consiga perceber que pedidos pode aceitar. “A lógica do ATP calcula quanto produto pode ser prometido sem que isso afete as vendas já existentes” (Harrison & Petty, 2002)

No caso de o negócio ter características que o obrigam a ter clientes em filas de espera, para além de gerir os recursos internos da produção é necessário gerir também as expectativas dos clientes. Se a capacidade não conseguir dar resposta imediata à procura ela precisa de satisfazer o cliente dentro de um prazo que o cliente ache aceitável esperar.

A atividade de atribuir uma data é feita através de um processo em que se calcula a disponibilidade da capacidade no futuro tendo em conta tudo aquilo que já está no plano de produção. A partir dessa informação são primeiro, aceites ou recusados pedidos dos clientes consoante a disponibilidade do sistema e em seguida definidas datas de entrega que agradem a ambas as partes. Este conceito conhecido como *available-to-promise* (ATP) irá fornecer informação aos comerciais ou responsáveis pelas vendas para que estes possam assumir compromissos consoante a realidade da produção, e também para que eles tentem preencher a capacidade da produção, mantendo-a sempre ocupada sem a sobrecarregar.

Harrison & Petty (2002) indicam que o ATP é igual à procura total menos a oferta total da empresa para um determinado produto. Considerando que a oferta é igual ao stock mais as produções (MPS) obtemos a figura 16 que exemplifica o cálculo do ATP para uma situação elementar. O stock de cada semana é igual ao stock da semana anterior menos a quantidade da procura da semana atual mais a quantidade produzida na semana anterior.

Semanas	0	1	2	3	4	5
Procura		15	5	20	25	5
Stock	25	10	5	45	20	75
MPS			60		60	
ATP		5		15		50

Total (semana 5) =70

Figura 16 - Exemplo de quadro para Calculo de ATP. Adaptado de (Harrison & Petty, 2002)

A partir desta informação as datas de entrega podem ser prometidas ao cliente e o comercial pode perceber se já lançou vendas suficientes para manter a produção ocupada (no caso de haver um quadro de ATP para cada posto de trabalho pode até focar as suas vendas nos postos menos ocupados). Esta comunicação entre o departamento de vendas e o departamento de produção irá prevenir problemas futuros tanto para a produção, que irá prevenir custos adicionais a alterar a capacidade, como ao departamento de vendas que evitará lidar com clientes insatisfeitos. “A promessa de encomendas ao cliente deverá estar intimamente interligada ao MPS. Informação sobre

a Disponibilidade-de-Promessa deverá ser derivada do MPS e fornecida ao departamento de vendas” (Jacobs, Berry, Whybark, & Vollmann, 2011).

Framinam & Leisten (2009) descrevem seis abordagens diferentes ao ATP baseadas nos momentos em que se aceitam as ordens, sendo indicada a data de entrega e agendada a produção.

Abordagem 1: perante a receção do pedido do cliente com as quantidades, é decidido simultaneamente se o pedido é aceite e qual será a data de entrega. Para além disso é também agendada nesse mesmo instante a produção. Esta é uma abordagem difícil de pôr em prática em muitos casos.

Abordagem 2: perante a receção do pedido do cliente com as quantidades, é decidido primeiramente se o pedido é aceite (são selecionados quais os pedidos aceites e recusados e só mais tarde é indicada de forma simultânea qual a data de entrega e o agendamento da produção). Esta abordagem surge do facto de que a aceitação da ordem é feita por um departamento (das vendas) e as restantes decisões são feitas por outro departamento (da produção).

Abordagem 3: perante a receção do pedido do cliente com as quantidades, as três decisões são feitas em três momentos distintos. Esta situação é encontrada em contextos em que as três decisões são feitas por três agentes diferentes ou no caso de as ordens serem aceites automaticamente e um departamento só decidir a data de entrega enquanto outro só decide o agendamento da produção.

Abordagem 4: perante a receção do pedido do cliente com as quantidades, um departamento decide simultaneamente se aceita o pedido e atribui-lhe uma data de entrega, e mais tarde o outro irá agendar a produção consoante as decisões tomadas pelo departamento anterior.

Abordagem 5: perante a receção do pedido do cliente é decidido se o pedido é aceite ou não, no entanto o pedido contém as quantidades e também uma data de entrega já estipulada logo essa decisão é retirada do processo deixando apenas o agendamento da produção para um segundo momento. Esta abordagem é determinada pelas exigências que os clientes fazem dependendo do mercado em que se insere a empresa.

Abordagem 6: tal como na abordagem anterior o pedido do cliente já inclui as quantidades e a data de entrega. As decisões a tomar pelo ATP são a de aceitar o pedido de forma completa ou apenas parcialmente que são tomadas em simultâneo com o agendamento da produção. Esta abordagem é similar á abordagem 5 mas há uma maior liberdade para aceitar pedidos parciais.

2.5.4 - Monitorização/Controlo: Está a ser feito?

Para que se garanta que o plano criado seja cumprido é preciso monitorizar as operações. Só assim se podem esclarecer dúvidas e coordenar os recursos com indicações que os ajudem a seguir o plano. É também objetivo da monitorização identificar e quantificar os desvios que ocorrerem no plano para que se possam tomar medidas de correção (que por norma envolvem replaneamento) o mais rápido possível. Uma vez que depois de executado o replaneamento volta a ser posta em prática a monitorização até que se encontre de novo um desvio, Slack, Chambers & Johnston (2007) caracterizam a monitorização e o planeamento como atividades cíclicas.

O objetivo do controlo está em implementar os objetivos traçados pelo planeamento. Cabe ao controlo a comunicação das tarefas planeadas, que podem ser feitas com frequências diferentes (semanas, dias ou horas) e de formas diferente (ordens de produção com fichas técnicas, *kanbans* ou comunicação verbal). Outra tarefa será o registo de movimentos nos inputs e outputs da produção. É essencial o registo dos recursos gastos nas produções para que possa ser possível calcular os custos reais de produção e confirmar se há ou não alguma disparidade com os custos definidos. Esta tarefa também pode ser efetuada com diferentes frequências e pode até ser automatizada com a ajuda de dispositivos de leitura que alimentem dados a um sistema de informação. Para além de matéria prima e produto final será importante monitorar também a quantidade de produtos em vias de fabrico para se ter uma ideia completa das previsões de produção. Em certos casos podem não haver produtos intermédio na produção, mas será preciso medir o progresso dos processos. A medição do progresso no acompanhamento da produção pode ser fácil de se concluir para um negócio e difícil de objetivar para outro. Isto implica que podemos exigir uma resposta com detalhes quantificados numa situação e apenas conseguimos obter uma opinião qualitativa para outra.

Slack, Chambers, & Johnston (2007) usam 4 dimensões para caracterizar a dificuldade do controlo de uma atividade. A figura 17 ilustra as dimensões e demonstra 3 atividades diferentes que representam atividades com naturezas de controlo fácil, controlo moderado e controlo difícil.

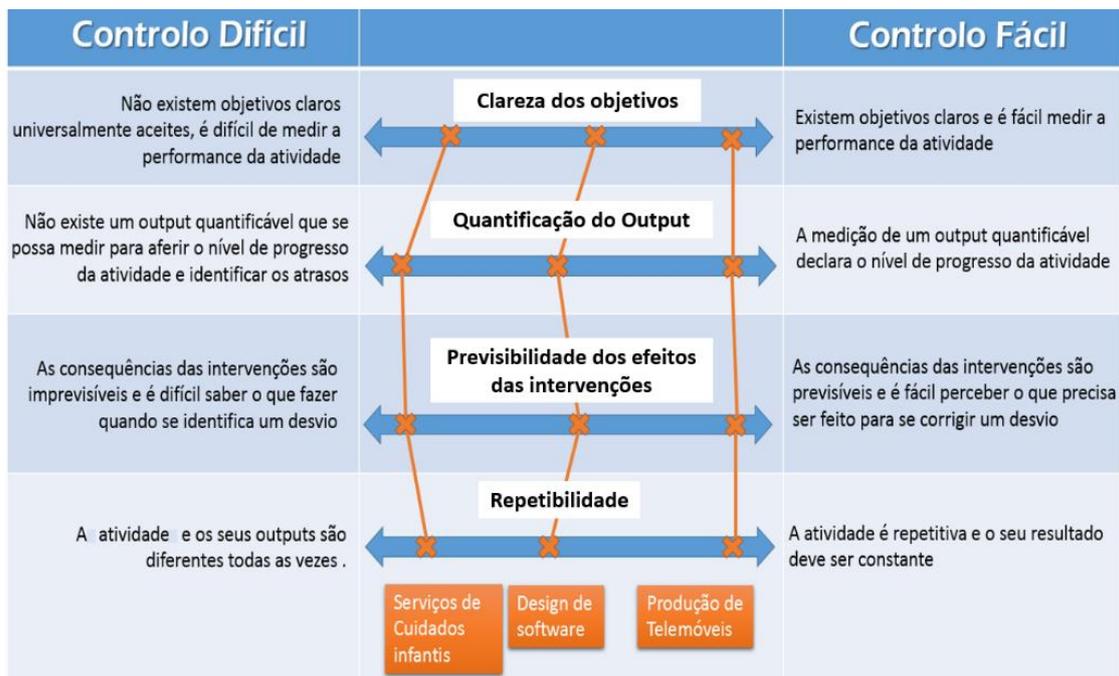


Figura 17 - Classificação de 3 atividades quanto às 4 dimensões de controlo. Adaptado de (Slack, Chambers, & Johnston, 2007)

No caso de o controlo ter pelo menos alguns aspetos quantificáveis, existirão também vários métodos para se monitorizar os níveis de desempenho na produção, desde indicadores simples de eficiência, a indicadores complexos como o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), a sistemas informáticos de controlo de produção automatizado. O próprio controlo pode não ser aplicado à produção na sua totalidade.

No caso de haver uma atividade gargalo pode ser só feito o controlo da atividade gargalo.

A resposta pretendida da monitorização e controlo é limitada pela natureza da atividade e pelos níveis de exigência que impormos. O sistema de informação usado pela empresa (ERP) e o acesso a tecnologias de recolha de dados também terão influência nesta tarefa acabando por definir que tipo de informação é processada no controlo, gerando como resultado dados com diferentes graus de complexidade.

2.6 – Enterprise Resource Planning

Uma organização é um sistema complexo onde vários departamentos como o de compras, de vendas, de produção e de contabilidade precisam de trabalhar juntos. Tendo funções separadas e executadas por diferentes pessoas o objetivo é atingido através da partilha de informação entre todos de uma forma organizada. *Enterprise resources planning* ou ERP é um sistema informático criado e instalado na empresa para que a informação flua de forma organizada, ou seja, fazendo com que os vários departamentos trabalhem com o ERP garante-se que as definições são consistentes em todo o sistema. “O valor do sistema é derivado das sinergias que se obtêm a partir do acesso rápido à informação proveniente de múltiplos departamentos da empresa” (Jacobs, Berry, Whybark, & Vollmann, 2011).

O sistema informático tem várias funções entre elas algumas muito importantes para o departamento de produção. Ele servirá como base de dados onde estão guardadas as fichas dos artigos com os valores de referência de cada um e os seus níveis de stock e quantidade em vias de produção. Também estarão guardados os documentos das encomendas dos clientes e a fornecedores. A partir desta informação o ERP poderá ser uma ajuda enorme ao planeamento no sentido em que pode calcular de forma automatizada, o *Master production schedule* através das encomendas inseridas pelo departamento de vendas e calcula o MRP para que assim o departamento de compras possa saber o que comprar e o departamento de produção possa saber que quantidade precisa de produzir e para que datas.

3 – Caracterização do estudo de caso – Prilux

Este capítulo tem como objetivo apresentar o setor em que se insere a empresa e o departamento onde decorreu o projeto (secção 3.1), descrever o seu sistema produtivo (secção 3.2) e caracterizar a sua produção (secção 3.3).

3.1 - Setor Metalomecânico

A Prilux é uma empresa do setor civil uma vez que monta estufas (obras) mas é também uma empresa do setor metalomecânico dado que fabrica os componentes usados nas obras no seu departamento de produção (serralharia). É neste departamento que decorre o projeto. Tendo em conta que o maior cliente do departamento da produção é interno a exigência pode não ter sido muito rígida no passado.



Figura 18 - Obra - Construção de uma estufa

O setor metalomecânico onde se contextualiza a produção da Prilux tem visto um crescimento geral no volume de exportações. Em 2018 os valores rondam os 15% de aumento em relação ao ano anterior, segundo um estudo da Associação dos Industriais Metalúrgicos, Metalomecânicos e Afins de Portugal (2019). A Prilux também segue esta tendência e tem visto os seus esforços para o aumento de exportação culminados no desenvolvimento de parcerias com empresas com implantação mundial. Como resultado a empresa tem vindo a ganhar trabalhos de larga escala para o estrangeiro. Este fator implica que um custo logístico seja adicionado ao custo de um erro na produção e que esse custo seja diretamente multiplicado pela distância.

Para além disto, o setor da produção vê-se dividido em produção para estufas e produção de peças customizadas para outras empresas com vários níveis de exigência. A representatividade desta segunda fatia tem aumentado e é um dos objetivos da gerência que esta continue a aumentar uma vez que foi feito um investimento em corte laser CNC. Para que se ganhem mais clientes será preciso conseguir cumprir os níveis de exigência mais elevados, pois são por norma as empresas mais exigentes que fazem encomendas de maior escala.



Figura 19 - Componente metálico produzido pela Prilux por encomenda de outra empresa

É também próprio do setor metalomecânico que haja alguma dificuldade em obter novos operários qualificados tal como indica a Agência Lusa (2019). Trabalhos como por exemplo a soldagem, muitas vezes indicados como recurso gargalo ou processos com problemas de qualidade, não é muito apelativo às novas gerações nem

é de fácil formação por envolver capacidades motoras de precisão e concentração contínua e monótona. Este detalhe faz com que seja preciso fazer um maior esforço no controlo da produção para que se implementem boas práticas com os operários existentes e para que os problemas que surjam sejam detetados rapidamente tornando imediata a tomada de medidas de adaptação.

Estes fatores junto com o crescimento da empresa fazem com que os atuais métodos de planeamento e controlo de produção resultem em erros, atrasos e insatisfação de clientes. Nesta situação a gestão da produção anda constantemente a “apagar fogos”, os comerciais e diretores de obra têm de lidar constantemente com clientes insatisfeitos com os atrasos ou a falta de informação e a gerência acaba sem informação pertinente que a ajude a tomar decisões baseadas em dados reais.

3.2 - Descrição geral do sistema produtivo

A aplicação dos conceitos teóricos estudados neste projeto é ilustrada analisando um estudo de caso que foi desenvolvido na Prilux.

A Prilux tem um departamento produção (Serralharia) que manufatura componentes metálicos para estufas e componentes metálicos para outras empresas inserindo-se no setor metalomecânico.

Quando um orçamento é adjudicado o departamento de vendas emite um documento de encomenda que lista os artigos necessários para a montagem da estufa. Estes artigos têm dimensões muito variadas, desde 10 centímetros até 10 metros, e a sua maioria são produtos normalizados, mas costuma sempre haver uma percentagem de artigos que são únicos e só estão presentes numa encomenda. Estes artigos podem ser idênticos a outros produzidos mais regularmente, mas com diferenças nas dimensões ou podem mesmo ser desenvolvidos especificamente para um projeto em exclusivo. O gestor da obra comunica à produção as datas em que estes serão precisos consoante o seu cronograma para a montagem da estufa (obra). O gestor de produção precisa de planear e controlar todas as operações no chão de fábrica para que os artigos estejam disponíveis para expedição a tempo e a obra possa decorrer sem contratemplos. O fluxo descrito está ilustrado na figura 21. Para além disto, o departamento de vendas também introduz encomendas de produtos metálicos para outras empresas, com uma data de entrega estipulada pela empresa cliente, e onde muitas vezes o processo produtivo para atingir o produto final precisa de ser delineado e testado porque o artigo é único e customizado. O número de encomendas ativas no sistema varia habitualmente entre as 20 e as 40.



Figura 20 - Instalações da Prilux

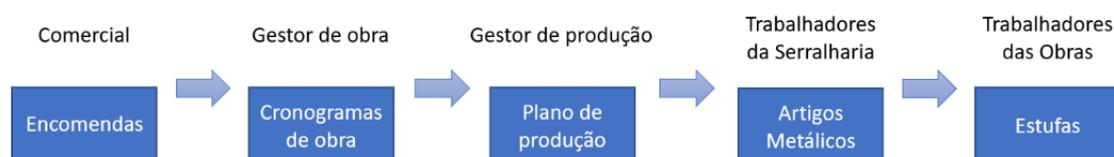


Figura 21 - Fluxo do sistema produtivo da Prilux

Os funcionários da serralharia, que serão referidos como operadores, durante o seu horário de trabalho consultam o plano de produção para se informarem que artigo deverão produzir ou que tarefa deverão executar (por exemplo, duas portas metálicas 2800x2000). De seguida irão transportar a matéria prima que necessitarem para o centro de trabalho indicado no plano de produção (por exemplo, Serrote de fita ou bancada de soldagem), onde irão executar os processos produtivos necessários para fabricar o artigo determinado, (por exemplo, cortar, furar e soldar). Assim que acabam, transportam os artigos produzidos para a zona de expedição, libertando o centro de trabalho. No fim, voltam a consultar o plano de produção para saberem o que devem produzir a seguir, reiniciando o ciclo. A figura 22 representa resumidamente este ciclo.

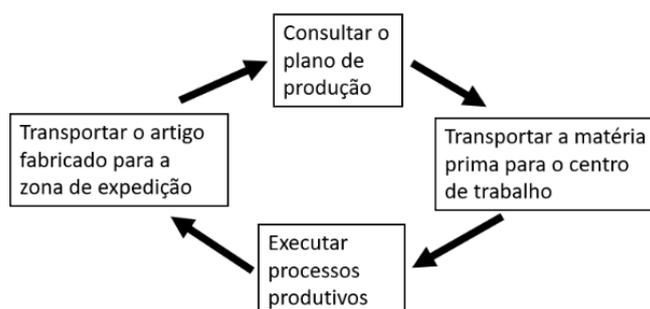


Figura 22 - Ciclo do operador

3.3 – Caracterização da produção

Com base nas definições mencionadas no capítulo 2, podemos categorizar e descrever o sistema produtivo de qualquer empresa de forma a que os detalhes importantes sejam retidos e transmitidos sem que os pormenores nos impeçam de comparar e fazer paralelismos com outros casos. Desta forma poderemos diferenciar as ferramentas e métodos de planeamento que tiveram sucesso em circunstâncias similares, das metodologias que apresentam bons resultados em situações diferentes onde provavelmente os requisitos e exigências são diferentes.

3.3.1 - Procura

No caso da Prilux, os seus produtos finais são principalmente estufas e componentes metálicos para produtos feitos por outras empresas. Como a estufa é um produto ligado à agricultura a sua venda é sazonal. No entanto o ciclo é bianual pois uma parte das suas vendas é exportada para o hemisfério sul. Contudo, a variação gerada pela sazonalidade não é muito acentuada pois a procura exigida à fábrica é regulada pela capacidade das equipas das obras de montarem a estufa. Como em grande parte dos casos são as equipas da Prilux a montar a estufa produzida, não há grande variação da procura, já que a capacidade das equipas das obras também não varia muito. A satisfação da procura exigida à produção só varia em dois casos: quando a montagem é subcontratada, uma opção por norma evitada por ser mais complicada de gerir e menos lucrativa, ou no caso de acontecer uma tempestade como aconteceu em 2018, onde várias estufas precisaram de reparação, sendo este um dos casos em que a procura varia

esporadicamente. No que toca a componentes metálicos, a procura depende do cliente. No caso da empresa parceira com maior volume de encomendas, a sua procura é sazonal com um ciclo anual, portanto a procura para esses produtos também é sazonal, mas existem casos com procura estável e outros em que a procura segue o ciclo de vida de um produto.

Concluindo, o grau de variação no volume da procura é baixo no que toca às estufas montadas pelas equipas da empresa, mas no que toca a exportações ou obras feitas por equipas subcontratadas ou produtos para outras empresas já toma proporções mais significativas.



Figura 23 – Representação gráfica da procura na Prilux

Na figura 23 está representada a quantidade de artigos total que precisa de ser produzida pelo departamento de Serralharia considerando todas as encomendas recebidas em cada mês num horizonte temporal de um ano e meio, para ilustrar de uma forma geral como varia o volume de encomendas. Com base no gráfico conseguimos observar os dois picos de sazonalidade, em fevereiro para o hemisfério norte e em agosto para o hemisfério sul. No entanto é visível um pico muito maior em fevereiro de 2019, devido à exportação, e também uma certa variação no volume durante o segundo semestre de 2018 devido à tempestade que passou em Portugal.

3.3.2 - Estratégia de sincronização capacidade-procura

Quanto às estratégias usadas pela empresa para lidar com a variação que existe na procura, a empresa tem a intenção de oferecer alguma estabilidade aos seus funcionários e, portanto, a estratégia adotada é a do nivelamento de capacidade. Em alguns casos em que é preciso ligeiramente mais capacidade a opção passa por manter os mesmos recursos, mas pedir aos colaboradores para prolongar o horário ou então gerir a procura falando com os clientes tentando renegociar datas de entrega para diminuir os picos das variações. No caso da montagem da estufa esse processo é por vezes subcontratado, mas na fabricação dos componentes isso não acontece. A capacidade adapta-se através dos níveis de stock e do prolongamento de horários,

recorrendo por vezes ao uso de outros trabalhadores do departamento das obras ou do armazém para darem uma ajuda. Obviamente que se o nível de procura se mantiver demasiado alto durante um certo tempo são contratados mais trabalhadores para aumentar a capacidade definitivamente e aliviar os horários dos recursos sobrecarregados, mas isso nunca é feito com a intenção de despedir o trabalhador depois de se ter ultrapassado o pico de procura. Esta estratégia traz algumas repercussões na relação entre a empresa e os clientes já que a procura não é perfeitamente satisfeita pela capacidade.

Portanto um dos objetivos do planeamento passa por melhorar a informação prestada às pessoas que respondem pela gestão da procura para que possam dar respostas mais precisas. A linha da capacidade da Prilux seria, portanto, uma linha reta algures entre o pico e o vale da procura com aumentos temporários durante os picos (por alargamento de horários) e ocasionalmente aumentos permanentes (por contratações). No segundo trimestre de 2019 a capacidade aumentou de forma definitiva e durante um período crítico no início do ano houve um aumento da capacidade através do alargamento do horário de trabalho para alguns recursos chave.

3.3.3 - Ambiente de produção

Empresas que usam o nivelamento da capacidade tendem a trabalhar num ambiente de *make-to-stock*, mas uma estufa não é feita para stock. Existe apenas stock de componentes genéricos para estufas numa tentativa de aproximar o ambiente de produção o mais possível a um *assemble-to-order*, contudo a variedade de produtos solicitados pela procura, ao contrário do volume da procura, é muito mais instável, logo o ambiente de trabalho para estufas costuma ser uma mistura.

Como a montagem de estufa é um processo diferente de um departamento diferente, o das obras, será mais útil considerarmos o nosso sistema a produção de componentes metálicos (Serralharia) e o processo de montagem como um cliente interno (Obras). Tendo isso em mente uma grande parte dos produtos, nomeadamente abraçadeiras, suportes e travações, que são genéricos para muitas estufas e de dimensões pequenas, são produzidos para stock e embora sejam componentes do produto final (estufa) são considerados em ambiente *make-to-stock* pois para o planeamento da produção no chão de fábrica eles são produtos finais. Para estes artigos há a preocupação de manter sempre uma quantidade mínima do componente em stock, sendo produzidos em certos casos grandes quantidades de uma só vez, que satisfarão a procura durante vários meses.

Os artigos que embora normalizados sendo para muitas estufas têm uma procura muito irregular, ou que devido às dimensões ou outras características não são fáceis de armazenar, são produzidos na lógica de *make-to-order*. Nestes artigos costuma haver a preocupação de haver sempre uma quantidade de segurança de matéria prima e agendar a produção o mais próximo possível da data de entrega.

Para os artigos que surgem como soluções de customização para a estufa, em que devido a alguma condição do projeto ou algum pedido do cliente é necessário projetar e produzir componentes únicos para a estufa, o seu ambiente é considerado *engineer-to-order*. No caso das estufas continua a não ser preciso fazer

aprovisionamento especial para os artigos *engineer-to-order*, pois a matéria prima que serve para os outros artigos também costuma servir nestes casos. No entanto, a produção é agendada com muito mais folga e o plano deve ter em conta que o trabalhador e o engenheiro precisam de ter liberdade para testar e tomar decisões à medida que a produção vai avançando.

No que toca aos componentes metálicos para outras empresas deparámo-nos com um ambiente *make-to-order* pois os produtos acabam muitas vezes por ser similares e o processo de engenharia é bastante veloz. Na maioria dos casos, como datas de entrega curtas são um fator muito apreciado pelo cliente, o planeamento foca-se em manter sempre níveis mínimos de matéria prima e em cumprir a agenda de produção para que possa prometer com segurança datas de entrega para encomendas novas e facultar informação sobre o estado e os prazos para encomendas já existentes. Para além destes casos mais fáceis, uma parte de encomendas de componentes metálicos para outras empresas tomam uma complexidade e uma dimensão maior podendo já ser considerado um ambiente *engineer-to-order* onde há um processo de *design* e de teste, e em que o aprovisionamento é feito em específico para cada encomenda. Por vezes o próprio processo é adaptado e ferramentas são compradas para satisfazer o pedido. Nestes casos o planeamento precisa de se preocupar com a capacidade dos seus fornecedores de matéria-prima e ferramentas, e ter em conta a incerteza do desempenho da produção por serem processos únicos. Em suma, acabamos por ter no mesmo chão de fábrica e no mesmo plano três ambientes de produção diferentes com pontos de penetração de ordem do cliente em estágios diferentes da produção o que acarreta objetivos e análises diferentes.

3.3.4 - Tipo de processo

Quanto ao tipo de processo produtivo do sistema no chão de fábrica, a grande percentagem dos artigos é produzida em lotes, principalmente componentes normalizados de estufas. Isto porque estes artigos acabam sempre por ser precisos várias vezes em múltiplas quantidades. O lote de produção é também a quantidade de componentes na encomenda caso eles sejam fabricados no ambiente *make-to-order*. No caso dos artigos feitos em ambiente *make-to-stock* a quantidade em cada produção é um múltiplo da quantidade que cada lote de matéria prima proporciona, para evitar a acumulação de bobines, atados de tubo ou chapas já cortadas, e porque assim distribuem-se os tempos de paragem para reabastecimento de matéria prima ao máximo. Ou seja, o lote mínimo é determinado pela matéria-prima e pelo seu formato de entrega no aprovisionamento. Se uma bobine de chapa contém material para produzir 2000 abraçadeiras, a quantidade a produzir indicada na ordem de produção será um múltiplo de 2000. Para além disto, a quantidade também é influenciada pelo espaço de armazenamento para esse artigo, em que caso haja oportunidade procura-se produzir o artigo até que o contentor ou espaço para o armazenar fique cheio distribuindo o tempo de *setup* da máquina pelo maior número de artigos possível.

Como referido anteriormente a produção por lotes tem algumas semelhanças com a produção por *job shop* e, portanto, os recursos também são flexíveis e podem ser precisos para múltiplas produções o que irá forçar o planeamento a tomar decisões. Ademais os componentes metálicos para outras empresas e os componentes *engineer-*

to-order são fabricados por norma com processos *job shop*, isto por não serem normalizados como os outros componentes das estufas. Neste caso a produção não é repetida, as quantidades são as especificadas na encomenda, e tem-se como objetivo que os processos não sejam interrompidos desde que são iniciados até que são terminados. A única exceção é quando uma encomenda de quantidades enormes é recebida e a entrega é feita aos poucos ao longo de um determinado período de tempo.

Entre estes tipos de processos é preciso notar que há diferenças no tipo de informação que vem na ordem de produção e na precisão da previsão da duração da tarefa. Essa noção será importante para que no planeamento se possa diferir em processos onde a informação e a quantidade é um assunto onde nos devemos focar e processos onde a procura de detalhe que limita a liberdade do trabalhador se torna num entrave à produção.

	Componentes metálicos para estufas			Componentes metálicos para outras empresas	
	Normalizados de pequena dimensão	Normalizados de grande dimensão	Produções únicas com pequenas quantidades e vários processos de produção	Poucos processos de produção	Grandes quantidades
	Make-to-stock Produção por lotes	Make-to-order Produção por lotes	Engineer-to-order Jobshop	Make-to-order Jobshop	Engineer-to-order Produção por Lotes
Quantidade a produzir	Encher espaço de armazenamento	Especificada na encomenda	Especificada na encomenda	Especificada na encomenda	Encher espaço de armazenamento
Recursos usados	Variáveis	Variáveis	Variáveis	Constantes	Constantes
Stock	Produto final	Matéria-prima	Matéria-prima	Matéria-prima	Nada em stock
Scheduling	Forward	Backwards	Forward	Backwards	Forward
Informação necessária	Pouca	Pouca	Muita	Média	Muita inicialmente

Figura 24 - Quadro resumo dos diferentes tipos de artigos produzidos pela Prilux e a suas características

Na figura 24, estão resumidos os diferentes tipos de produtos produzidos no departamento da Serralharia da prilux. A primeira linha divide-os por tipo de encomenda, e a segunda fá-lo através da sua variedade, volume e quantidade de processos pelos quais passam. Na terceira linha está enumerado o ambiente de trabalho e o tipo de processo para cada um dos produtos consoante já foi descrito ao longo deste capítulo. Na linha seguinte encontra-se indicado a quantidade indicada a produzir em cada ordem de produção para cada categoria, sendo que para a maioria essa quantidade será a quantidade especificada na encomenda, no entanto no caso de artigos em *make-to-stock* ou artigos em que as encomendas têm grandes quantidades será mais indicado produzir de forma a que se preencha o espaço alocado para o seu armazenamento. Isto é feito para distribuir o custo de setups pelo maior número de peças possível sem que isso cause problemas logísticos. A seguir está assinalado o nível de variabilidade dos recursos usados para executar a produção de artigos em cada categoria. Uma vez que os operadores são bastantes versáteis, quase todos os artigos podem ser produzidos por vários operadores excepto no caso dos artigos de corte laser que compõem a maioria dos casos da últimas duas categorias. Na linha seis está indicado qual o tipo de stock que deve ser mantido para cada categoria. Isto deriva do ambiente de produção pois em ambiente *make-to-stock* deve ser mantido stock de produto final, em *make-to-order*

deve ser mantido stock de matéria-prima e em ambiente *engineer-to-order* não deve ser mantido nada em stock. Em duas categorias em *engineer-to-order* existe stock de matéria-prima pois é comum que os produtos a desenvolver usem a mesma matéria-prima que os outros produtos. Abaixo encontra-se mencionado o tipo de Scheduling indicado para cada caso. Para produtos em ambiente de trabalho *make-to-stock* e *engineer-to-order* o seu agendamento é feito através de *forward scheduling*. Isto faz sentido pois no ambiente *make-to-stock* pretende-se evitar o risco de rutura e no ambiente *engineer-to-order* é mais seguro atribuir uma folga grande por ser um caso onde é comum ocorrerem contratempos. Para produtos em ambiente *make-to-order* o seu agendamento é realizado em *backward scheduling* para que estes não tenham de ser armazenados muito tempo até serem expedidos. Por fim, a última linha indica a quantidade de informação que deve estar na ordem de produção. Para artigos produzidos várias vezes não será preciso indicar muita informação pois o operador já está familiarizado com o produto e o processo produtivo. Para artigos únicos será necessário detalhar todas as características do produto para que o operador possa perceber exatamente aquilo que precisa de ser feito. Obviamente que se esse artigo único for produzido em grandes quantidades ao longo do tempo deixará de ser preciso transmitir tanta informação. No caso da quinta categoria, a quantidade é considerada média pois embora sejam artigos não normalizados estes passam por poucos processos produtivos, portanto não é necessária assim tanta informação para detalhar tudo o que é necessário transmitir ao operador.

3.3.5 - Layout

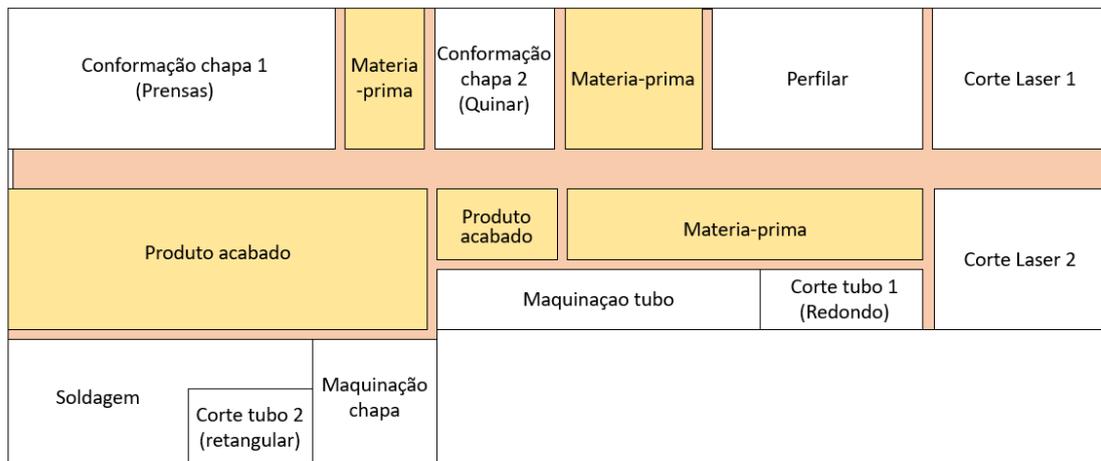


Figura 25 - Layout do chão de fábrica da Prilux

O chão de fábrica apresenta um *layout* funcional que pode ser observado na figura 25, onde as zonas são caracterizadas pelos seus processos e o material e os trabalhadores se deslocam de zona em zona durante a produção. O espaço onde são produzidos os componentes metálicos são quase sempre os mesmos. Em aproximadamente metade dos casos a máquina usada também tem de ser sempre a mesma e na outra metade há duas ou mais máquinas onde o mesmo produto pode ser produzido. O mesmo acontece com os operários, alguns estão exclusivamente afetados a uma zona enquanto outros trabalham em zonas diferentes dependendo do trabalho que houver para fazer. Esta característica faz com que seja preciso decidir qual o

operador que irá fazer o produto, e em qual máquina, em pelo menos metade das vezes, enquanto a outra metade tem por restrições a sua execução por um operador específico numa máquina específica. No entanto, no que toca aos produtos intermédios e matérias-primas, estes têm sempre as mesmas localizações de destino não sendo preciso informar onde estão localizadas

Este método de comunicar o plano de produção era bastante simples mas o facto de ser feito apenas diariamente e de muita da informação ser transmitida de forma verbal, faz dele um processo extremamente instável e dependente do gestor de produção que fazia diariamente um turno de 12 a 13 horas onde era constantemente requisitado para esclarecer informações. Para além disso o facto de não haver registos fazia da recolha de informação um processo muito raro e irregular. O flowchart apresentado na figura 27 ilustra um resumo do fluxo do processo de planeamento e controlo de produção descrito.

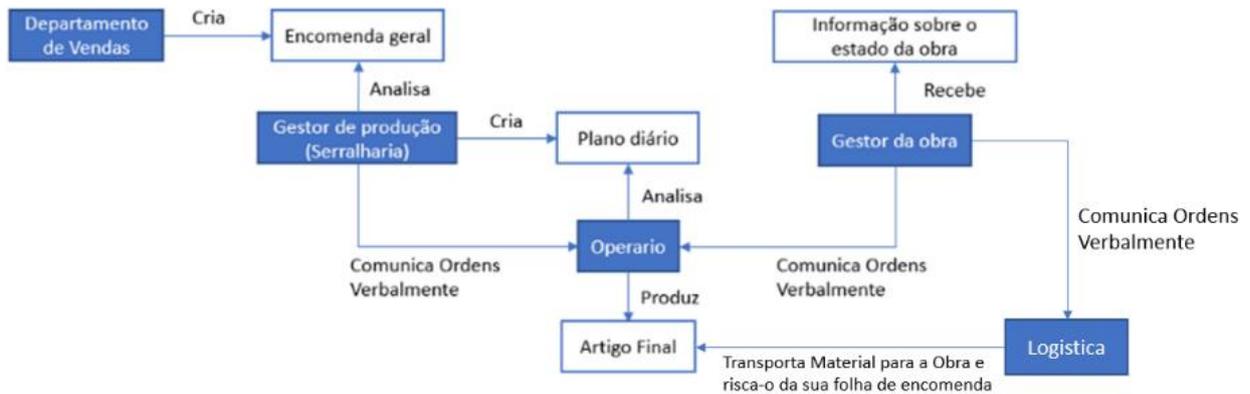


Figura 27 - Flowchart do processo de planeamento e controlo de produção para o departamento da serralharia

4.2 - Introdução de encomendas

Inicialmente, a informação das vendas chegava no formato de um documento único para todo o material necessário na obra. Isto incluía o material produzido pela serralharia, mas também as máquinas de rega, os plásticos de cobertura, o material de rega como aspersores, e o material que é simplesmente revendido como os parafusos. A figura 28 sublinha a verde os artigos que são produzidos pela serralharia e a vermelho todos os artigos que não dizem respeito à serralharia e como se pode ver, um grande número de artigos presentes na encomenda a analisar pelo gestor de produção não são artigos produzidos na serralharia. A filtragem dos artigos que eram para se produzir na serralharia, era feita pelo gestor de produção quando este olhava para as encomendas no final do dia de forma mental. Ele simplesmente ignorava aqueles que ele sabia que não eram artigos de produção.

Pág.		Condição de Pagamento		Data Entrega		Data Doc.		
3 / 3		PAG. PRONTO		15/06/2019		15/06/2019		
Cliente Nº	Desc.	Nº Requisição	Data Req.	Moeda	Câmbio	Vend.	Encomenda de Cliente Obra	
3 301	0,00		15/06/2019	EUR	1,000000	11	204	
Cód. Artigo	Descrição					Data Ent.	Qty.	Un
Transporte							3 169,81	
1	GUIA SUPERIOR 40X40X1.5X8100					15/06/2019	2,000	UN
1	CARRO Nº18					15/06/2019	4,000	UN
1	ABRAÇADEIRA 60 EXTREITA GUIA SUPERIOR 40X40X1.5					15/06/2019	3,000	UN
110100201111	ABRAÇADEIRA 60x40 2 FERRO GALV. Z275 FECHADA GUIA SUPERIOR 40X40X1.5					15/06/2019	4,000	UN
1	GUIA INFERIOR LATERAL TUBO 60X60					15/06/2019	4,000	UN
90162335	49x12xARO PARA PORTA DE CHAPA 2500 x 2400					15/06/2019	2,000	UN
110Q00001110	PUXADOR DE PORTA 1.5 FERRO GALV. Z275					15/06/2019	4,000	UN
111L00202118	ABRAÇADEIRA 30x160 2 FERRO GALV. Z275 P/ LIMITADOR DE JANELA					15/06/2019	20,000	UN
1	LIMITADOR DE JANELA 30x2500 1.5 FERRO GALV. MR2 ????					15/06/2019	10,000	UN
110100201112	ABRAÇADEIRA 60x40 2 FERRO GALV. Z275 U					15/06/2019	20,000	UN
110N00202120	PATILHA 40x134 2 FERRO GALV. Z275 abraç 60 u					15/06/2019	20,000	UN
110C00000110	MANIVELA FERRO GALV.					15/06/2019	2,000	UN
F70200100010	PLASTICO TERMICO 3A P/ ESTUFA 10.00L 200my 22 MTS					15/06/2019	1,000	KG
F70200209010	PLASTICO TERMICO 2C P/ ESTUFA 2.50L 200my 74 MTS					15/06/2019	1,000	KG
F70200206010	PLASTICO TERMICO 2C P/ ESTUFA 1.50L 200my 46 MTS					15/06/2019	1,000	KG
120K00100111	CHAPA LACADA 13-10 1140x0.5 FERRO LACADA DIV. COR 2700=18 UNIDADES ???					15/06/2019	1,000	MT2
120K00100111	CHAPA LACADA 13-10 1140x0.5 FERRO LACADA DIV. COR 3500=4 UNIDADES ???					15/06/2019	1,000	MT2
120K00100111	CHAPA LACADA 13-10 1140x0.5 FERRO LACADA DIV. COR 3800=4UNIDADES ???					15/06/2019	1,000	MT2
120K00100111	CHAPA LACADA 13-10 1140x0.5 FERRO LACADA DIV. COR 4000=4 UNIDADES ???					15/06/2019	1,000	MT2
120K00100111	CHAPA LACADA 13-10 1140x0.5 FERRO LACADA DIV. COR 4500=4 UNIDADES ???					15/06/2019	1,000	MT2
1	REMATE CHAPA LACADA BRANCO CANTO PORTA L 90X100C/ 2800					15/06/2019	2,000	UN
1	REMATE CHAPA LACADA SUPERIOR PORTA C/ 2500					15/06/2019	4,000	UN
1	REMATE CHAPA LACADA BRANCO CANTOS L 110X110X2800					15/06/2019	2,000	UN
1	REMATE CHAPA LACADA BRANCO AR 3 MTS					15/06/2019	3,000	UN
F80100101110	TELHA POLICARBONATO 8/15 OFACO OMEGA 1.275L 8600 ???9 UNIDADES					15/06/2019	1,000	M2

Figura 28– Encomenda com todos os artigos necessários para uma obra.

Para além disto o controlo sobre qual o material que já tinha sido expedido e qual o que ainda faltava entregar era feito num registo de papel por parte da logística. Na figura 29 está exibido um desses registos em papel feitos pela logística. Esta informação não ficava facilmente acessível ao gestor de produção, gerando muitas vezes dúvidas sobre o que faltava fazer para que uma das encomendas pudesse ser considerada concluída.

10E00302111	nave 70x107 5x3	02/11/2018	352,000	UN
11D00101110	PILAR MR2 60x3500 2 FERRO GALV. LATERAL	02/11/2018	352,000	UN
110K01G01139	PATILHA DE CHUMBAR 40x200 FERRO GALV. Z275	02/11/2018	16,000	UN
1202020201121	TRAVAÇÃO 60x3700 1.5 FERRO GALV PILAR-SUPORTE	02/11/2018	24,000	UN
1202020201121	TUBO QUAD. (60x60)x6000 1.5 FERRO GALV. DX51D	02/11/2018	42,000	UN
111M00602110	TUBO QUAD. (60x60)x6000 2 FERRO GALV DX51D	02/11/2018	28,000	UN
111M00602110	ABRAÇADEIRA ARCO PILAR TOPOx(60x60) 2.5 FERRO GALV. Z275	02/11/2018	114,000	UN
111M00602110	ABRAÇADEIRA ARCO PILAR TOPOx(60x60) 2.5 FERRO GALV. Z275 UNIÃO SOLDA esq/drt	02/11/2018	308,000	UN
110200101111	ASNA 60x10940 1.5 FERRO GALV. MR2	02/11/2018	126,000	UN
110400400121	CALEIRA 5000x2 FERRO GALV. Z275 MR2	02/11/2018	6,000	UN
110400000121	CALEIRA 2500x2 FERRO GALV. Z275 MR2	02/11/2018	6,000	UN
110J00001111	TERMINAL CALEIRA MR2 FERRO GALV. Z275 C/ DESCARGA	02/11/2018	6,000	UN
110J00001112	TERMINAL CALEIRA MR2 FERRO GALV. Z275 S/ DESCARGA	02/11/2018	264,000	UN
110P00001111	UNIAO DE CALEIRA 2 FERRO GALV. Z275 MR2	02/11/2018	147,000	UN
110K01001120	TRAVAÇÃO 32x1985 1.5 FERRO GALV.	02/11/2018	294,000	UN
110K00U01128	TRAVAÇÃO 32x1495 1.5 FERRO GALV. Z275	02/11/2018	294,000	UN
110K00U01128	TRAVAÇÃO 32x3100 1.5 FERRO GALV. Z275 V	02/11/2018	294,000	UN
110K00U01120	TRAVAÇÃO 32x3100 1.5 FERRO GALV. Z275	02/11/2018	588,000	UN
110K00V01120	TRAVAÇÃO 32x3200 1.5 FERRO GALV. Z275	02/11/2018	56,000	UN
90400500	49x11xVEDANTE DA UNIAO DE CALEIRA C.	02/11/2018	264,000	UN
111U00101110	BARRA DE CULTIVO P/ ESTUFA DE 10M 40x9880 FERRO GALV. Z275	02/11/2018	147,000	UN
110100201111	ABRAÇADEIRA 60x40 2 FERRO GALV. Z275 FECHADA	02/11/2018	460,000	UN
110100402111	ABRAÇADEIRA 40x40 1.5 FERRO GALV. Z275 FECHADA	02/11/2018	444,000	UN
110100201112	ABRAÇADEIRA 60x40 2 FERRO GALV. Z275 U	02/11/2018	400,000	UN
110N00202120	PATILHA 40x134 2 FERRO GALV. Z275	02/11/2018	126,000	UN
111R00D02110	ABRAÇADEIRA (60x150)x100 LADO 60 2.5 FERRO GALV. Z275	02/11/2018	36,000	UN
111R00D02110	ABRAÇADEIRA 60x124 2 FERRO GALV. Z275	02/11/2018	40,000	UN

Figura 29 - Registo físico dos artigos já aviados pela logística

Os prazos de entrega eram comunicados de duas formas, numa reunião entre o gestor de obra e o gestor de produção que ocorria muito esporadicamente, ou então simplesmente por recado, caso fosse comunicadas de todo. Este aspeto obrigava o gestor das obras a transmitir ordens à produção, pessoalmente, quando as prioridades eram alteradas para que os trabalhadores das obras tivessem material para o dia seguinte. Em certos casos isto acontecia sem que gestor da produção tivesse sequer conhecimento.

Tudo isto fazia com que a análise de necessidades fosse uma tarefa complicada que produzia resultados por vezes errados. Ora pela confusão que havia nas encomendas, ora pelas datas de entrega, ora pelo desconhecimento de todas as ordens de produção comunicadas aos operários.

Para que a informação a analisar não estivesse misturada com a informação desnecessária ao planeamento de produção na serralharia foi feita uma reunião com os funcionários das vendas e da logística. Foram criados vários documentos, cada um direcionado a cada departamento, e os funcionários das vendas foram instruídos a incluir no documento destinado à serralharia apenas os artigos por ela produzidos resultando num novo documento onde era mais fácil visualizar o trabalho que faltava fazer, pois só continha a informação pertinente ao departamento da Serralharia. Na figura 30 está exposto um quadro que foi dado aos comerciais para que estes soubessem em que documento colocar os artigos que vendem. Na coluna da esquerda é indicada a sigla usada no ERP para cada documento e nas duas colunas seguintes é descrito o tipo de artigos que deve conter esse documento. As duas linhas mais à direita indicam o tipo de documento de saída que cada documento deve originar.

ENCPR	Encomenda Cliente de Produção MX	• Encomenda de Material Marlux	GRMPR	⇒	FATPR
ENCLL	Encomenda de Cliente	• Apenas para material que compramos e no qual não fazemos qualquer transformação	GREM	⇒	FACT
ENCTC	Montagens Técnicas	• Para encomendar Montagens Técnicas	GRMPR	⇒	FATPR
ENSRE	Encomenda de Stock de Rega (Interno)	• Criar reservas de stock de REGA	PROD	⇒	NENHUM
GRMPR	Guia de Remessa de Produção MX	• Para enviar material produzido Marlux	FATPR	⇒	€
GREM	Guia de Remessa	• Apenas para material que compramos e no qual não fazemos qualquer transformação que se vai faturar no prazo de 5 dias	FACT	⇒	€
EPROD	Encomenda Interna de Produção (Interno)	• Para produzir material metálico (códigos abertos)	GREMM	⇒	FATM
ENCCM	Encomenda de Cliente Metalomecânica	• Para produzir material metálico (Para artigos pontuais)	GREMM	⇒	FATM
ENCL	Encomenda de Laser	• Encomendas da Laser	GREML	⇒	FATL

Figura 30- Quadro-guia para a formação dos funcionários das vendas e da logística

Para além disto os funcionários da logística foram também instruídos a dar baixa do material expedido nas encomendas no ERP usado pela Prilux (Ética.data), ao contrário do que faziam antes onde criavam o documento de expedição e riscavam essa linha num papel físico sem atualizar o documento da encomenda na base de dados do ERP.

A prática de comunicação de ordens produção diretamente aos operários, por parte do gestor de obra, sem a devida comunicação ao gestor de produção, foi proibida.

Foi aumentada a frequência de reuniões entre o gestor de produção e o gestor da obra para que estas se tornassem semanais. Desta forma os prazos de entrega começaram a ser comunicados ao gestor de produção e a ser também introduzidos no

documento da encomenda no ERP. A comunicação semanal dos prazos de entrega começou a ser registada fisicamente como é exemplo a tabela na figura 31.

PRILUX INDICE ENCOMENDAS SEMANA 28		
CLIENTE	ENCOMENDA	NOTAS
	EPROD 79	TUTORAGEM - FAZER
	EPROD 81	ARMADURA SOLENOIDE
	EPROD 82	14 NAVES 9.6X1.55 30/7 29/7
	EPROD 84	ARRIOSTAS 12X1000 180UNS - FAZER
	EPROD 85	PORTA - STAND BY
	EPROD 86	FRAGA 9-6.8X81.4M - STAND BY
	EPROD 87	ESTUFA PRIF - FAZER
	EPROD 88	CABO AÇO E TRELIÇA - À MEDIDA QUE PEDEM
	EPROD 89	ARMAZEM 10X18X3 - FAZER
	EPROD 90	ARRIOSTAS 16X1000 60UNS - FAZER
	EPROD 91	TUTORAGEM - FAZER
	EPROD 92	ESTUFA MR2 7M - STAND BY
	EPROD 93	ESTUFA MR2 10M - STAND BY
	EPROD 94	ESTUFA 20X75 MR2 - ATRASAR
	EPROD 95	PE AMIGO 75MTS EXTRA - DISPONIBILIDADE
	EPROD 96	FRAGA - POR DEFINIR
	EPROD 119	FRAGA - FAZER 22/7
	EPROD 120	JANELAS FRONTAIS - FAZER
	EPROD 98	ESTUFA PRIF - ADIANTADO
	EPROD 100	FRAGA - ADIANTADO
	EPROD 101	FRAGA - STAND BY
	EPROD 102	FRAGA - 29/7
	EPROD 103	ESTUFA MR2 22/7
	EPROD 104	ESTUFA MR2 22/7
	ENCCM 66	70 CALEIRAS FRAGA 4,5
	EPROD 107	PEÇA 2MM E 3 MM FERRO CRU - FAZER
	EPROD 109	MR2 - STAND BY
	EPROD 110	CARRO DE RECOLHA DE FRUTA - STAND BY
	EPROD 112	300 BASE METALICA SAPATA 71 - HA STOCK
	EPROD 114	LONGARINAS TUNEIS MIRTILO
	EPROD 115	ESTUFIM 4X14 - 22/7
	EPROD 117	SEMANA 30
	EPROD 121	5 BLOCOS 12 NAVES 6,8X77M

Figura 31 - Registo físico da reunião semanal entre gestor de produção e gestor de obras

Uma vez que a informação relevante à serralharia passou a estar isolada e atualizada pelos funcionários da logística e das vendas foi possível começar a analisar o estado das encomendas de forma mais fácil por parte do gestor de produção e tornou-se possível desenvolver o *Master production schedule* automaticamente usando o ERP.

Na figura 32 está apresentado um documento extraído do ERP que é usado como MPS. Nele aparecem todos os artigos que precisam de ser expedidos, as suas quantidades totais e por encomenda e as datas de entrega.

Secção	Documento	D. Val.	Qtd. Orig.	Qtd. Pend.	Qtd Satisf.
Artigo: 110200101111 – ASNA 60x10940 1.5 FERRO GALV. MR2					
2	ENIFO 497	06/05/19	66.000	66.000	0,000
2	ENIFO 596	13/05/19	66.000	66.000	0,000
2	ENIFO 696	8/07/19	66.000	66.000	0,000
Total Artigo:			198,000	198,000	0,000
Artigo: 110600101110 – ENROLADOR DE JANELA 30x6000 1.5 FERRO GALV.					
2	ENIFO 257	06/05/19	18.000	18.000	0,000
2	ENIFO 277	23/05/19	23.500	23.500	0,000
2	ENIFO 337	27/05/19	19.500	19.500	0,000
2	ENIFO 357	10/06/19	19.500	19.500	0,000
2	ENIFO 376	24/06/19	19.500	19.500	0,000
2	ENIFO 396	8/07/19	19.500	19.500	0,000
Total Artigo:			117,500	117,500	0,000
Artigo: 110800901120 – LONGARINA 32x2155 1.5 FERRO GALV.					
2	ENIFO 493	13/05/19	2 500,000	2 500,000	0,000
2	ENIFO 595	24/06/19	2 500,000	2 500,000	0,000
2	ENIFO 691	15/07/19	2 500,000	2 500,000	0,000
Total Artigo:			7 500,000	7 500,000	0,000

Figura 32 – Documento de Analise de Encomendas extraído do ERP

4.3 - Gestão de stock

Na situação atual da empresa, praticamente todas as matérias primas eram mantidas em stock. No caso dos produtos normalizados de pequena dimensão e por vezes alguns de grande dimensão o artigo final também era mantido em stock o que dificultava bastante a gestão do espaço no chão de fábrica.

Através do ambiente de produção foi possível concluir que deve ser apenas mantido o stock de produto final para artigos com ambiente *make-to-stock* e nos outros casos de *make-to-order*, deve ser apenas mantido o stock de matéria prima. Para os artigos *engineer-to-order* não é mantido stock em nenhum estado pois o aprovisionamento e a produção só são feitos depois de receber a encomenda. Tendo isto em conta foram respondidas às 3 questões impostas pela gestão de stocks, para o caso dos produtos no ambiente *make-to-stock*, e para o caso dos produtos *make-to-order*.

- Com que frequência deve ser revisto o nível de stock?

Sempre que entrar uma nova encomenda que use esse artigo o ERP irá emitir ordens de produção ou de aprovisionamento tendo em conta os níveis de stock, logo esse será sempre um momento em que são analisados os stocks. Para além disto nas fases de expedição e produção o operário também adquire informação sobre os níveis de stock alertando o gestor da produção quando uma matéria prima ou um produto final está em falta ou perto de estar. No caso de algum destes alertas não estar alinhado com a informação revista pelo ERP é feita uma recontagem e um ajuste de stock no programa para o retificar com a informação real.

- Qual deve ser a quantidade indicada na ordem de reabastecimento?

Nesta questão as respostas divergem. Para os artigos *make-to-stock* a quantidade na ordem de produção deve ser o maior possível para se aproveitar os tempos de *setup* sem que se ultrapasse o limite de espaço onde os artigos são guardados. Este processo de seleção do espaço para armazenar os artigos já estava feito aquando o início do projeto onde os artigos com mais saída estavam armazenados nos contentores maiores e os artigos com menor saída dividiam um contentor ou estavam armazenados em caixas mais pequenas. Para indicar nas ordens de produção as quantidades a produzir de produtos *make-to-stock* foi recolhido de uma forma empírica a quantidade necessária para ocupar na totalidade o seu espaço de armazenamento (por exemplo: o contentor onde estão armazenadas “abraçadeiras 60x124” leva cerca de 2000 abraçadeiras). Esta informação foi introduzida no ERP no campo lote de produção para que o MRP tivesse em conta este parâmetro.

O objetivo final é o de que a quantidade em stock de produto chegue para satisfazer a procura no pico da sazonalidade. Quanto à quantidade de matéria prima, deve ser sempre zero a menos que se esteja a planear produzir o artigo num futuro muito próximo. O seu aprovisionamento deve simplesmente seguir as quantidades nas ordens de produção pois manter stock do produto sistematicamente em dois diferentes estados é redundante e desnecessariamente dispendioso.

Para os artigos *make-to-order* a quantidade da ordem de produção deve ser exatamente a mesma que vem na encomenda mesmo que isso não aproveite os tempos de *setup*, pois o risco que se corre quando são feitas quantidades em excesso para stock

de produtos normalizados, de grande dimensão, resulta em custos de posse logísticos muito altos. A quantidade da matéria prima adquirida para estes artigos também está limitada ao espaço no chão de fábrica, mas neste caso existem outros fatores importantes a considerar, como os custos de aprovisionamento e a capacidade de resposta do fornecedor.

A informação quanto às quantidades necessárias é emitida pelo gestor da produção, mas o aprovisionamento é feito por outras pessoas e as negociações das quantidades e datas de entrega são muitas vezes dependentes da relação que há com os fornecedores. O papel do planeamento e controlo de produção neste caso limita-se a gerar a informação da necessidade para que o departamento de compras trate da negociação.

- Quando deve ser colocada uma ordem de reabastecimento?

Para responder a esta questão foi tomada em conta a informação dos documentos de saída de stock para estimar a procura. O prazo de reabastecimento foi definido como três semanas pois há a indicação por parte do aprovisionamento de que a maior parte dos fornecedores consegue entregar o material dentro de uma ou duas semanas e a produção pretende atingir o período de resposta de uma semana. Por fim o nível de serviço definido foi o de 80 % para os produtos *make-to-stock*, pois as suas características fazem com que não haja grandes custos de stock para os armazenar, e de 50% (neutra) para os produtos *make-to-order*, isto pois os produtos *make-to-order* costumam ocupar mais espaço logo não seria muito viável manter stock de segurança.

período	110100301110 - ABRAÇADEIRA 60x124 2 FERRO GALV. Z275 (MTS)	período	120H00F01210 - CHAPA BOBINE 172x1.5 FERRO GALV. Z275 DX51D(MTO)
28out-17nov	180	28out-17nov	32
18nov-8dez	308	18nov-8dez	0
9dez-29dez	200	9dez-29dez	274
30dez-19jan	168	30dez-19jan	100
20jan- 9 fev	355	20jan- 9 fev	0
10fev - 2mar	14	10fev - 2mar	0
3-23mar	394	3-23mar	132
24mar-13abr	366	24mar-13abr	22
14abr-4mai	278	14abr-4mai	0
5mai-25mai	389	5mai-25mai	62
24mai-15jun	815	24mai-15jun	84
15jun-6jul	259	15jun-6jul	22
	Procura media		Procura media
	236.4080879		56
	Desvio padrão		Desvio padrão
	193.9749281		80.46832616
	Nível de serviço		Nível de serviço
	80%		50%
	1.281551564		0
	Stock de segurança		Stock de segurança
	248.5888725		0
	Nível de reabastecimento		Nível de reabastecimento
	484.9969604		56
	Lote: 2000		kg

Figura 33 - Cálculo de nível de reabastecimento para um artigo MTS e para a matéria prima de um artigo MTO

Na figura 33 estão ilustrados os cálculos feitos para calcular o nível de reabastecimento para um artigo *make-to-stock* e o nível de reabastecimento de matéria prima que servirá para um artigo *make-to-order*. A equações usadas foram as mesmas que estão referidas no capítulo 2 e os dados das quantidades já estão agrupados por períodos de 3 semanas desde o final de 2018. Para os períodos anteriores a informação não existia em alguns casos pois o artigo não estava criado ou simplesmente não era de

confiança pois no final do ano o nível dos stocks teve de ser severamente corrigido. Esta informação foi introduzida no ERP no campo de stock mínimo para que sempre que o MRP fosse corrido tivesse em conta este parâmetro.

4.4 - Recolha de informação

A primeira tarefa na revisão do processo de planeamento e controlo de produção foi a recolha de informação relativa aos artigos produzidos. A base de dados do ERP já continha uma boa parte dos artigos, mas estava incompleta, estando vários artigos por registar e nos artigos já registados não havia informação quantos aos componentes, às operações necessárias ou tempos de processamento. Ao todo foram registados cerca de 100 artigos e foi completada a informação descrita para cerca de 90% dos 500 artigos que estão registados.

Para além das informações básicas recolhidas também foi analisado cada artigo para o categorizar quanto às suas características físicas e de mercado, usando o ambiente de trabalho e o tipo de processo.

A recolha dos artigos a criar na base de dados foi feita observando as notas de encomenda e guias de saída onde apareciam regularmente indicações a artigos que não existiam na base de dados, sendo criados de forma igual aos que já existiam.

A lista de materiais de cada artigo foi criada através de alguns registos que já existiam como a enumeração dos componentes e com peso da matéria prima. No caso de não existirem quaisquer registos, o levantamento da informação foi feito analisando o produto final, caso existisse em stock, ou perguntando ao gestor de produção para que o seu conhecimento tácito se tornasse explícito e ficasse armazenado na base de dados.

A enumeração das operações pelas quais um produto precisava de passar foi feito de forma similar à lista de materiais, recolhendo alguma informação de registos antigos, por observação direta ou questionando o gestor de produção. Essa informação assim como os recursos por norma usados nas operações, foram registados na base de dados na ficha do artigo.

Por fim, os tempos de processamento também foram recolhidos, em parte de registos antigos, no entanto, este era o campo onde havia maior falta de informação. Neste caso, nem o próprio gestor de produção sabia ao certo a resposta para todas as operações de todos os artigos. A informação necessária para preencher este campo não existia e, portanto, foi preciso escolher um método para a criar. Uma vez que os artigos produzidos têm uma variedade tal que um artigo pode vir a ser produzido apenas uma vez por ano não era viável cronometrar os tempos de processamento para cada operação. O próprio processo de cronometragem trazia algum desconforto aos trabalhadores e isso poderia influenciar os resultados. Para fazer a recolha foi então escolhido o método de *Planeamento de capacidade usando Fatores gerais* que usa dados históricos de produções passadas e da duração total de cada processo, para se calcular uma média e usá-la como previsão da performance. No entanto, como não existiam dados históricos foi criada um folha em Excel de registo de tempos por processo, que começou a ser alimentada com a informação recolhida nas ordens de produção. Isto fez com que não fosse possível calcular os tempos de processamento para todos os artigos logo de início, mas este processo iria criar informação ao longo do tempo para que se pudessem chegar a resultados satisfatórios, eventualmente.

ASNA 60x10940 1.5 FERRO GALV. MR2	PREÇO=			
DATA:06/2019	Margem Segurança(%) =			
MATERIA-PRIMA	PREÇO/METRO	METROS	PREÇO	
TUBO RED. 60X10940 1.5 FERRO GALV. Z275 DX51D			10,94	
MAO DE OBRA	PREÇO/HORA-HOMEM	PREÇO/HORA-MAQUINA	DURAÇÃO(MIN)	PREÇO
ARQUEAR			1,8	
Funcionários	Data	Arquear (min/un)		
Filipe B	09/05/2019	1,5		
Filipe B	06/03/2019	1,7		
Filipe B	16/02/2019	2,1		
Filipe B	05/12/2018	1,5		
Carlos E	26/10/2018	2		
Carlos E	25/10/2018	1,9		

Figura 34 – Registo de tempos de processamento usando fatores gerais

Na figura 34 pode ser observado um excerto do Excel com o registo dos tempos de processamento assim como a informação quanto aos componentes e operações necessárias para a produção desse artigo.

4.5 - MRP

A junção da informação recolhida quanto aos artigos assim com as indicações de gestão de stock e a informação provida do *Master production schedule* permitiram que o ERP tivesse a informação necessária para executar o MRP. No início do projeto o programa não continha essa função, no entanto a empresa responsável pelo programa foi contactada e foi desenvolvido em colaboração um módulo que fizesse a função do *Capacity requirements planning* e assim tornou-se possível correr o MRP automaticamente.

Descrição	Qtd. Nec.	Qtd. Stk. Min.	Qtd. Stk. Disp.	Qtd. Prev. Enc.	Qtd. Prev. Prod.	Qtd. Prod.	Versão	Dt. Entrega	Dt. Necess.
ABRAÇADEIRA 60x124 2 FERRO GALV. Z275	2838,000	485,000	1336,000	0,000	0,000	2000,000	Versão 1	17/10/2019	16/10/2019
ASNA 60x10900 1.5 FERRO GALV. ESTUFA 9.6M	562,000	0,000	0,000	0,000	0,000	562,000	Versão 1	17/10/2019	10/10/2019
BRAÇO DE ABERTURA (50x30)x2400 1.5 FERRO GALV 1/4" P/ ESTUFA 10M	266,000	117,000	0,000	0,000	0,000	408,000	Versão 1	17/10/2019	16/10/2019
TRAVAÇÃO 32x2450 1.5 FERRO GALV	1310,000	134,000	74,000	0,000	0,000	1400,000	Versão 1	17/10/2019	16/10/2019
UNIAO DE CALHA 190x30 2 FERRO GALV. Z275	350,000	79,000	91,000	0,000	143,000	247,000	Versão 1	17/10/2019	17/10/2019
CALEIRA 4500x1.2 FERRO GALV. Z275 FRAGA	120,000	0,000	45,000	0,000	296,000	0,000	Versão 1	17/10/2019	16/10/2019
PERFIL METALICO (35x35)x6000 1.2 FERRO GALV. Z275 P/ PLASTICO	28,000	171,000	235,000	0,000	0,000	0,000	Versão 1	17/10/2019	16/10/2019

Figura 35 - Cálculo do MRP pelo ERP

Na figura 35 é exibido o menu do ERP onde os seus cálculos do MRP são descritos tendo em conta toda a informação introduzida na base de dados (encomendas, stock mínimo, stock real, lotes de produção, e tempos de processamento). Na figura 36, pode-se observar um excerto da listagem de ordens de produção geradas pelo MRP que de seguida são introduzidas no plano de produção.

Secção	Data	Documento		Armazém	Quantidade
Artigo: 110200101111 - ASNA 60x10940 1.5 FERRO GALV. MR2					
2	25/07/2019	ODTS	359	4	21,000
2	25/07/2019	ODTS	380	4	130,000
Total Artigo:					151,00
Artigo: 110200301115 - ASNA 35x8000 1.5 FERRO GALV. FRAGA 6.8M					
2	08/07/2019	ODTS	136	4	553,000
2	08/07/2019	ODTS	146	4	342,000
2	23/07/2019	ODTS	241	4	2 160,000
2	23/07/2019	ODTS	286	4	342,000
2	26/09/2019	ODTS	743	4	1 728,000
Total Artigo:					5 125,00
Artigo: 110200501118 - ASNA 40x10270 1.5 FERRO GALV. FRAGA 8.5M					
2	08/07/2019	ODTS	138	4	661,000
2	23/07/2019	ODTS	226	4	662,000
2	26/09/2019	ODTS	743	4	648,000

Figura 36 - Ordens de produção geradas como resultado do cálculo do MRP

4.6 – Carregamento

Inicialmente o carregamento era feito com um horizonte temporal diário pelo gestor de produção. Ao final do dia ele atribuía tarefas a cada operador com base nas folhas das encomendas e na sua memória até achar que cada um já tinha trabalho suficiente para o dia seguinte.

A partir do momento que se começou a calcular o MRP com o ERP tornou-se possível abordar esta etapa de uma forma menos tácita. Com a informação provida do MRP poderia ser feito um carregamento para capacidade finita, definindo assim um plano preciso para todos os recursos. No entanto, esse método era visto como passo extra desnecessário para o gestor da produção pois a atualização diária iria consumir muito do seu tempo. Os próprios trabalhadores, em especial os responsáveis por processos do tipo *job shop* e *engineer-to-order* também não concordavam com os tempos definidos muitas das vezes. Para este tipo de processos a literatura sugere deixar o processo ficar pelo CRP deixando algum espaço para o julgamento do trabalhador o que coincidia com o *feedback* dado por ambas as partes na serralharia da Prilux também.

Posto isto, as ordens provenientes do MRP passaram a ser simplesmente alocadas a um dos trabalhadores, formando assim uma fila de espera de trabalhos a executar. A escolha de quem iria executar as operações está principalmente limitada aos trabalhadores que tinham formação para o fazer (a operação de quinar é feita sempre pelo mesmo trabalhador), mas também há casos em que vários trabalhadores tinham as mesmas aptidões (a operação de soldar podia ser feita por 4 trabalhadores diferentes) e aí o trabalho era alocado ao trabalhador que estivesse menos carregado. É normal em processos *job shop* que os recursos sejam flexíveis e que o sucesso da produção esteja preso com as capacidades de julgamento de cada operário. Por esta razão a distribuição das tarefas a ser feita não segue uma regra rígida e é dado espaço

ao gestor da produção para fazer algumas alterações consoante o seu conhecimento empírico.

Desta forma as novas ordens de produção que fossem surgindo providas do MRP eram distribuídas inicialmente pelo autor deste trabalho, por todos os operários com base nas capacidades de cada um e no trabalho que já tinham na sua fila de espera. Num segundo momento o gestor de produção analisava esta distribuição e fazia as alterações que achava necessárias.

1	ODTS	ARTIGO	QUANTID	DURAÇÃO	RECURSO	DATA	NOTAS	RECURSO	TRABALHO
2	16+77+135+139+141+143	ABRAÇADEIRA 40X40 2 FERRO GALV. Z275 FECHADA	3600	48	Operador A	25/jul		Operador A	10,34833
3		4 C 9000.ARMADURA DO SOLENOIDE 1x22x30 FERRO DC01	10000	16,66667	Operador A	12/jul		RECURSO	TRABALHO
4	EP109.3	ABRAÇADEIRA 2 FERRO GALV. Z275 P/ CALEIRA LIMITADOR DE JANELA MR2	24		Operador B			Operador D	17,26719
5	EP109.1	ABRAÇADEIRA 60 EXTREITA GUIA SUPERIOR 40X40X1.5	3		Operador C			RECURSO	TRABALHO
6		12 ABRAÇADEIRA (100X80)X60 LADO 100 2 FERRO GALV.	8	0,113333	Operador B			Operador E	7,797292
7	EP82.4	ABRAÇADEIRA (50X30)X40 LADO 50 2 FERRO GALV. Z275	130		Operador B	01/ago		RECURSO	TRABALHO
8	EP82.9	ABRAÇADEIRA (60X150)X100 LADO 100 2.5 FERRO GALV. Z275 PE AMIGO F480+L212	740	6,166667	Operador B	01/ago		Operador F	311,2875
9		84 ABRAÇADEIRA (80X100)X100 LADO 80 2,5 FERRO	332	4,703333	Operador B	30/jul		RECURSO	TRABALHO
10	EP82.12	ABRAÇADEIRA (CANTO W)X100 LADO 100 2.5 FERRO GALV. Z275 PE AMIGO	14		Operador B	01/ago		Operador B	14,01219
11	EP82.11	ABRAÇADEIRA (CANTO)X100 LADO 100 2.5 FERRO GALV. Z275 PE AMIGO	14		Operador B	01/ago		RECURSO	TRABALHO
12	76+97	ABRAÇADEIRA 60 FECHADA C/U SOLD	40	3,166667	Operador C	29/jul		Operador C	13,81167
13	74+89+95+108+112+155+1	ABRAÇADEIRA 60X40 2 FERRO GALV. Z275 FECHADA	1545	6,9525	Operador A	29/07/2019		RECURSO	TRABALHO
14	75+85+96+109	ABRAÇADEIRA 60X40 2 FERRO GALV. Z275 U	779	2,596667	Operador A	29/jul		Operador G	3,273958
15	29+35+110+111	ABRAÇADEIRA ARCO PILAR TOPOX(60x60) 2.5 FERRO GALV. Z275	26	0,39	Operador B	22/07/2019			
16	78+98	ABRAÇADEIRA ARCO PILAR TOPOX(80x60) 2,5 FERRO GALV C/ UNIAO DE ABERTURA D	38	1,9	Operador C	01/ago			
17		8 ABRAÇADEIRA LIMITADOR JANELA INFERIOR 3 FERRO GALV	76	0,76	Operador B				
18		9 ABRAÇADEIRA LIMITADOR JANELA SUPERIOR 3 FERRO GALV	76	0,76	Operador B				
19	EP82.3	ABRAÇADEIRA MULTIUSOS (60x60)x30 2 FERRO GALV. Z275 nova	460	2,3	Operador B	01/ago			
20	73+86+113+133+144	ABRAÇADEIRA MULTIUSOS (60X60)X50 2 FERRO GALV	651	2,17	Operador B	30/jul			
21	EP82.2	ABRAÇADEIRA MULTIUSOS (75X75)X50 2 FERRO GALV. Z275 NOVA	50	0,25	Operador B	01/ago			
22	EP82.14	ABRAÇADEIRA PARA TUTORAGEM 100X80	480	3,2	Operador B	01/ago			
23	EP82.15	ABRAÇADEIRA PARA TUTORAGEM 80X60	90	0,6	Operador B	01/ago			
24	EP93	ABRAÇADEIRA SEPARADORA DE PERFIL 80x40 PLX.	320	2,666667	Operador B				
25	FD97.5	ABRAÇADEIRA 11 20X45X30X45X30 + DATA HA	60		Operador B	01/ago			

Figura 37- Folha ordens que contém tabela com onde são distribuídas as ordens de produção pelos operários (carregamento)

Na figura 37 está exposto o Excel criado para organizar a informação do MRP para que esta se pudesse tornar num plano de trabalhos legível. Cada coluna é preenchida com a informação provida do MRP exceto a coluna do recurso que é preenchida da forma mencionada no parágrafo anterior. A folha representada na figura 37 é a folha principal (Ordens) que contém todas as ordens de produção, mas como pode ser observado existe uma folha para cada operador que é preenchida automaticamente através de macros com base nas linhas da folha principal.

4.7 - Sequenciamento

Depois de ter todas as tarefas alocadas a cada um dos operários em fila de espera era necessário sequenciá-las para se saber em que ordem iriam ser produzidas.

O sequenciamento, tal como o carregamento era feito pelo gestor de produção com base na memória das interações que tinha com o gestor de obra. Isto gerava problemas que obrigavam muitas vezes o gestor de obra a transmitir diretamente aos operadores indicações do que deveriam produzir pois o plano de produção não estava de acordo com as suas necessidades.

Quando o chão de fábrica opera num *layout* funcional o sequenciamento é um dos processos ao qual se deve dar mais importância, mantendo sempre a capacidade saturada e tendo sempre em conta os prazos de entrega. Ao analisar os fatores que influenciam o planeamento foram identificados como importantes o fator data de entrega e prioridade do cliente (para o gestor da obra) e o fator do tempo de processamento (para o gestor de produção). A decisão tomada foi a de agrupar as operações que tivessem o mesmo *setup*, para diminuir o *makespan*, e atribuir ao grupo

artigos *make-to-order*, que por norma são de maior dimensão, começassem a ser agendados através de *backward scheduling* pois a ocupação do chão de fábrica traz transtornos. Isso implica que um artigo *make-to-stock* de pequenas dimensões que tenha menos prioridade irá passar à frente de um artigo *make-to-order* para uma encomenda com mais prioridade até que a data de entrega desse segundo artigo de dimensões maiores estivesse perto o suficiente. No caso dos artigos *engineer-to-order* a sua produção é também feita no formato de *forward scheduling* uma vez que é difícil de calcular os tempos de processamento e a sua entrega pode em muitos casos ser adiantada.

4.8.1 - ATP

Depois de ter o Plano detalhado de produção feito com o agendamento das operações e as datas de entrega, podem ser observados em quais períodos um operário estaria sobrelotado e em quais este tem folga. Os comerciais quando são confrontados com um pedido para uma data de entrega podem consultar a informação do planeamento que lhes indica que recursos estarão disponíveis em que janelas de tempo. A abordagem ao ATP da Prilux assemelha-se à abordagem 4, onde num primeiro momento é aceite o pedido e determinada a data de entrega (por parte do departamento das vendas consultando o departamento de produção para as datas) e só mais tarde é agendada a produção (pelo gestor de produção). Por esta razão é que a consulta do carregamento dos recursos e a “folga” de cada recurso é importante pois ajuda o processo de vendas, mesmo que no chão de fábrica as tarefas não estejam agendadas de forma tão rígida.

DATA	FOLGA	PREVISTO
22/07/2019	4	18/07/2019
22/07/2019	3,96354	18/07/2019
22/07/2019	3,90104	18/07/2019
22/07/2019	3,37604	18/07/2019
22/07/2019	0,11302	21/07/2019
01/08/2019	7,70313	24/07/2019
29/07/2019	3,84635	25/07/2019
29/07/2019	3,62031	25/07/2019
29/07/2019	-0,7618	29/07/2019
29/07/2019	-1,3118	30/07/2019
05/08/2019	5,62156	30/07/2019
05/08/2019	5,16948	30/07/2019
05/08/2019	5,01531	30/07/2019
05/08/2019	4,80906	31/07/2019
	-43677	31/07/2019
	-43681	04/08/2019

Figura 39- Ilustração do campo usado para dar respostas ATP

4.9 – Monitorização / Controlo de produção

Tal como o carregamento por capacidade finita não era o mais adequado para o ambiente produtivo em análise, também o controlo apertado do tempo que um trabalho deve demorar não representa a melhor maneira em todos os casos de avaliar um operário e medir o progresso de uma operação. O controlo das atividades para produtos *make-to-stock* pode ser considerado fácil ao nível da clareza dos objetivos, quantificação dos outputs e repetibilidade, mas de controlo médio na previsibilidade das intervenções. Quanto ao resto dos produtos pode ser considerado de controlo fácil na clareza dos objetivos e na quantificação dos *outputs*, mas de controlo médio na previsibilidade dos efeitos das intervenções e na repetibilidade.

As exigências feitas ao controlo para os artigos normalizados são as de comunicar de maneira clara a tarefa ao operário para que este não tenha dúvidas e no caso de as ter essas possam ser esclarecidas rapidamente, e também a obtenção de informação do chão de fábrica para que o stocks no ERP se mantenham corretos criando registos de inputs e outputs de produção. No caso dos artigos que não são normalizados o foco do controlo de produção está em acompanhar constantemente a produção para garantir que os problemas que surgirem sejam resolvidos o mais rápido possível e para que haja

sempre um ponto de situação para dar ao cliente no caso de ele telefonar, mantendo assim a produção dentro do prazo ou avisando com antecedência caso surja uma situação que implique um atraso de entrega.

Uma vez que existe um plano com datas de conclusão previstas também faz parte do controlo recalculer essas datas com base na informação real, mesmo que isso não seja feito diariamente para ser comunicado à produção deve ser feito semanalmente para se comunicar ao departamento de vendas e de obras.

Para além disso também se procura a recolha de tempos de processamento para que seja possível calcular os custos reais e estimar custos futuros.

4.9.1 - Ordens de produção

A comunicação entre a gestão da produção e os seus operadores foi revista, pois, o método usado por escrito deixava muita informação de fora e tinha de ser em vários casos completado de forma oral. Para além desse ponto negativo, também não existiam bons métodos de recolha de tempos ou registos de produção que ajudassem a identificar quem fez o quê e em que dias. Para isso foram criadas as ordens de produção que complementam o quadro do planeamento com informação relevante e campos para recolha de informação durante o dia.

A ordem de produção comunica que artigo necessita de ser produzido e em que quantidades, deixando espaço para indicar a matéria prima e fazer algum desenho técnico ilustrativo. O campo da composição do produto poderá estar bastante preenchido em alguns casos de produções únicas e em branco noutros caso de produtos já conhecidos pelo trabalhador. Para além disso contém ainda uma tabela de recolha de dados que é obrigatória de preencher para tudo o que seja produzido. Mesmo que se perca a ordem de produção foi comunicado que o operador deve preencher uma nova ordem de produção para indicar que material gastou e produziu assim como os tempos de processamento.

A ordem de produção está mais focada em comunicar as especificações do produto final e a matéria prima usada e não tem instruções quanto aos detalhes das operações a executar, pois muitas das vezes em processos do tipo *job shop* é mais indicado deixar ao critério do operador qual será a melhor maneira de fazer o artigo visto que muitos dos operadores têm conhecimento e experiência para o fazer. Noutro ambiente produtivo com outras condições esta poderia não ser a opção mais correta, mas a escassez de detalhe que dá mais flexibilidade às operações de artigo *job shop* é um ponto importante para não sufocar o PCP em informação desnecessária e burocracia.

	Ordem de Produção Serralharia	Data:	18/07/2019
		Autor:	Diogo Ribeiro

Identificação do Produto

Referencia	110200101111
Designação	ASNA 60X10940 1,5 FERRO MR2
Quantidade	144

Composição do Produto

Quant.	Designação	Obs
144 x	tubo red. 60x10940 1,5 ferro z275	

Registo de produção

Operação	Maquina	Operador	Quant.	Data	Tempo Previsto	Tempo Real
Arquear	Amob	Filipe			4,2 h	

Figura 40 - Ordem de produção

5 – Resultados e Conclusões

Todas estas alterações ao processo de planeamento e controlo de produção, resultaram no final num novo processo ilustrado pelo *flowchart* na figura 41.

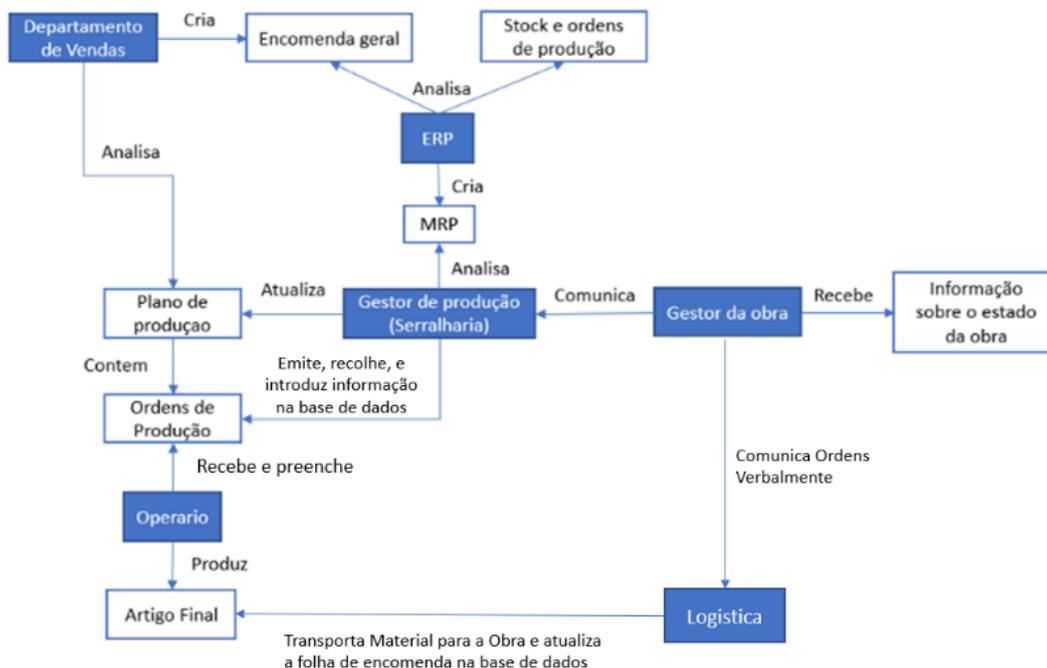


Figura 41- Flowchart do novo processo de planeamento e controlo de produção

Este novo processo contém mais alguns passos que o anterior, tornando o esquema um pouco mais complexo. A burocracia do processo também aumentou, mas em troca disso é criada muito mais informação que guia as decisões tomadas no dia a dia pelo gestor de produção. A agilidade da comunicação verbal é trocada pela rastreabilidade dos documentos escritos, o que fez com que alguns elementos da produção demonstrassem algum ceticismo. No entanto, a situação anterior era insustentável e a falta de resposta e dados da produção tinha repercussões noutros departamentos. É possível assim concluir que o esforço extra necessário para executar o planeamento tem como recompensa o melhor funcionamento de todas as outras atividades da empresa que dependiam deste processo. Contudo, este novo processo só é exequível porque o aumento de rigidez do protocolo é razoável e se encontra num meio termo entre standardização total e flexibilidade.

Isto só foi possível devido à análise feita *à priori* da remodelação do processo e, portanto, podemos concluir que a classificação de um sistema de produção deve sempre preceder o design do processo de Planeamento e Controlo de Produção para que o conhecimento académico não se isole da realidade prática.

A recolha de informação para que se pudesse calcular um indicador antes e depois das mudanças feitas no planeamento e controlo de produção não foi possível porque a informação não existia nem era gerada antes do processo ser alterado, portanto a avaliação é feita apenas de uma forma qualitativa.

No futuro sugere-se que a informação seja toda integrada na base de dados e que algumas fases do processo sejam automatizadas, como por exemplo a transição do

MRP para o plano de produção. Atualmente é necessário recolher os dados do MRP e introduzi-los num Excel para se fazer o carregamento e sequenciamento. O cálculo do ATP é também feito a partir desse Excel, mas o ideal seria manter a informação toda na mesma plataforma ERP para evitar trabalho desnecessário.

Bibliografia

- Agência Lusa. (18 de Janeiro de 2019). *Indústria metalomecânica recebe uma "dramática" falta de quadros qualificados*. . Obtido de dnoticias.pt:
<https://www.dnoticias.pt/pais/industria-metalomecanica-receia-uma-dramatica-falta-de-quadros-qualificados-AF2711983>
- Associação dos Industriais Metalúrgicos, Metalomecânicos e Afins de Portugal. (18 de Janeiro de 2019). *Notícias*. Obtido de AIMMAP:
<http://www.aimmap.pt/noticias/detalhes.php?id=632>
- Chapman, S. N. (2006). *The Fundamentals of Production Planning and Control*. Pearson Education.
- Framinam, J. M., & Leisten, R. (2009). Available-to-promise (ATP) systems: a classification and framework for analysis . *International Journal of Production Research* , 3079-3103.
- Harrison, D. K., & Petty, D. J. (2002). *Systems for Planning and Control in Manufacturing*. Oxford: Elsevier Science .
- Hua, Y., Guana, Y., Hana, J., & Wen, J. (2016). Joint optimization of production planning and capacity adjustment for assembly system. *10th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering* (pp. 193-198). Naples: Elsevier B.V.
- Jacobs, F. R., Berry, W. L., Whybark, D. C., & Vollmann, T. E. (2011). *Manufacturing Planning and Control for supply chain Management*. McGraw-Hill .
- Mckay, K., Pinedo, M., & Webster, S. (2002). Practice-focused research issues for scheduling systems. *Production planning and control* 11, 2, 249-258.
- Nahmias, S., & Olsen, T. L. (2015). *Production and Operations Analysis*. Illinois: Waveland Press, Inc.
- Olhager, J., & Selldin, E. (2007). Strategic Choice of Manufacturing Planning and Control Approaches: Empirical Analysis of Drivers and Performance. Em J. Olhager, & E. Selldin, *Advances in Production Management Systems. IFIP — The International Federation for Information Processing, vol 246*. (pp. 35-42). Boston: Springer.
- Pandit, A., & Zhu, Y. (2007). An ontology-based approach to support decision-making for the design of ETO (engineer-to-Order) Products. *Automation in Construction* 16 , 759-770.
- Proud, J. F. (2007). *Master Scheduling Third Edition A Practical Guide to Competitive Manufacturing*. Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons, Inc.
- Shenoy, D., & Rosas, R. (2018). *Problems & Solutions in Inventory Management*. Springer International Publishing.
- Slack, N., & Brandon-Jones, A. (2018). *Operations and Process Management*. Harlow: Pearson Education Limited.
- Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2007). *Operations Management*. Harlow: Pearson Education Limited .
- Stevenson, W. J. (2018). *Operations Management*. New York: McGraw-Hill Education.
- Sule, D. R. (2008). *Production Planning and Industrial Scheduling*. Boca Raton: Taylor & Francis Group LLC.

Suwanruji, P., & Enns, S. T. (2016). Evaluating the effects of capacity constraints and demand patterns on supply chain replenishment strategies. *International Journal of Production Research* 44, 21,, 4607–4629.

Tenhiala, A. (2011). Contingency theory of capacity planning: the link between process types and planning methods. *Journal of Operations Management* 29, 65-77.