

# **Planeamento de Capacidades na Indústria de Moldes**

*Maria João Pinto Fernandes*

**Dissertação de Mestrado**

Orientador na FEUP: Eng. Eduardo Gil da Costa



**Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica**

2016-07-04



*À minha família.*

## Resumo

Em indústrias de manufatura customizada, como a de fabricação de moldes, o planeamento de capacidades e de previsão de cargas futuras revela-se uma dificuldade. Nas empresas de engenharia por encomenda a relação fornecedor cliente é muito estreita, sendo a adjudicação de encomendas de novos moldes aleatória e imprevisível. Ao longo do processo podem sempre ser introduzidas alterações, o que dificulta a organização e o planeamento, acrescentando a tendência, por parte do cliente, para forçar o cumprimento de prazos.

Com vista à antecipação da tomada de decisão face a medidas de subcontratação ou reajuste de capacidade, no presente projeto foi desenvolvida uma metodologia para a determinação das cargas produtivas ao longo do tempo, bem como da identificação de picos de carga de produção. De acordo com a metodologia desenvolvida, aquando da adjudicação de novos moldes, a distribuição no tempo é simulada através do método do caminho crítico (CPM) sendo analisada a sua influência na capacidade disponível. Se no decorrer da simulação for detetado um pico, é despoletado um alarme para que sejam tomadas ações no sentido de cumprir o prazo temporal estabelecido com o cliente.

A satisfação do cliente é o principal objetivo deste projeto, não colocando em causa a qualidade do produto e o cumprimento do prazo previamente acordado. A ferramenta de planeamento de cargas produtivas que foi desenvolvida no âmbito do projeto vem auxiliar os processos de tomadas de decisão, e permite a sua antecipação.

# Capacity Planning in Mould Industry

## Abstract

In Engineering-to-Order (ETO) firms, such as mould manufacturing, production planning and future capacity prediction can be a challenge. In most engineering companies, placing an order requires close interactions between the supplier and service provider due to the successive end-product iterations. Adding those alterations in between the several manufacturing processes skews production planning and capacity prediction; potentially affecting the due date initially established.

In order to predict when to sub-contract certain tasks or re-adjust the plant's total capacity, a methodology has been developed to determine the dynamical variation of each individual production element capacity, as well as their respective peaking times. Using the critical-path-method (CPM) approach, the lead time of the mould production is simulated before the project adjudication to assess the influence on the total plant's production capacity. The main goal is to establish a feasible due date or predict eventual delays due to lack of capacity to take preventive measures, hence respecting the project's deadline. This would be a useful tool for decision making, possibly allowing to know when does the plant need some extra capacity or some subcontract work is needed in order to keep the client's due dates.

## Agradecimentos

O cumprimento do primeiro desafio proposto em ambiente empresarial, trás a satisfação proporcionada pelo final desta etapa e a preparação para todas as que vão aparecer futuramente.

Por isso, quero agradecer à Simoldes, pelo projeto desafiante que propôs, não só necessitou de competências académicas mas também de desenvolvimento de relações interpessoais. Quero agradecer pela transmissão de conhecimento e partilha que todas as pessoas do Grupo Simoldes em contacto direto ou indireto com o projeto proporcionaram. Um especial agradecimento ao Engenheiro Simão pela disponibilidade e dedicação, que demonstrou durante todo o projeto sendo uma ajuda fundamental sem a qual não se teriam conseguido os resultados obtidos.

Agradeço ao meu orientador, Engenheiro Eduardo Gil da Costa pelo acompanhamento do projeto e prontidão de resposta sempre que solicitado.

Um agradecimento especial à professora Maria Antónia Carravilla, pela sua simpatia, disponibilidade, apoio e acompanhamento na resolução do problema proposto.

A todos, muito obrigada.

# Índice de Conteúdos

1	Introdução .....	1
1.1	Enquadramento do projeto e motivação .....	1
1.2	O Planeamento, a previsão de cargas e a Simoldes Aços.....	1
1.3	Objetivos do projeto .....	3
1.4	Método seguido no projeto.....	3
1.5	Estrutura da dissertação .....	4
2	Caracterização da Situação Atual.....	5
2.1	O Processo .....	5
2.2	Recursos .....	7
2.3	Planeamento e Carga Produtiva .....	11
2.4	Identificação das oportunidades de melhoria .....	12
3	Enquadramento Teórico.....	13
4	Descrição da Metodologia de Implementação .....	21
4.1	Levantamento de dados que auxiliam a exequibilidade da previsão .....	21
4.1.1	Orçamentação .....	22
4.1.2	Carga de máquinas atual.....	22
4.1.3	Determinação de Capacidade .....	25
4.2	Simular Cargas através de método CPM.....	28
4.3	Limitações .....	32
5	Conclusões e perspetivas de trabalho futuro.....	34
	Referências .....	37
ANEXO A:	Fluxograma do Processo (adaptado, "Plano da qualidade"-GS) .....	38
ANEXO B:	Capacidade Instalada e Capacidade Disponível.....	39
ANEXO C:	CPM .....	41
ANEXO D:	Exemplo de uma tabela de orçamento usada para o preenchimento do CPM.....	42
ANEXO E:	Tabelas de determinação de datas para os diferentes componentes .....	43
ANEXO F:	Folha de Rosto do Simulador de Cargas .....	52

## Siglas

CF – Carrossel Ferramentas

CON - *Constant*

CVM - Cadeia de Valor do Molde

CPM – *Critical Path Method*

DT – Departamento Técnico

ERP - *Enterprise Resource Planning*

ETO – *Engineering to Order*

GS - Grupo Simoldes

MP – Matérias-Primas

MTO- *Make to Order*

PE - Prazo de Entrega

PFINO – Planeamento Fino

PMACRO – Planeamento Macro

PME- Pequenas e Médias Empresas

PT – Preparação Trabalho

RA – Reabastecimento Automático

RAN- *Random*

SA – Simoldes Aços



## Índice de Figuras

Figura 1-Peças Inj.Termoplástica (moldes do GS).....	2
Figura 2- Molde aberto .....	2
Figura 3- Vista aérea_Grupo Simoldes .....	2
Figura 4- Cadeia de Valor do Molde (CVM) .....	5
Figura 5-Layout SA (Fonte:Simoldes Aços) .....	9
Figura 6- Turnos de funcionamento .....	10
Figura 7- Fluxograma do método proposto por (Zorzini, Corti, e Pozzetti 2008) .....	17
Figura 8- Representação gráfica do método CPM (Carravilla e Oliveira 2010) .....	19
Figura 9- Ilustração do método de tratamento de dados.....	21
Figura 10-Excerto de um <i>Gantt</i> que ilustra o planeamento de um molde em produção .....	23
Figura 11- Carga do Setor Fresagem Média.....	24
Figura 12 - Capacidade Disponível (Fresagem Média).....	27
Figura 13- Gráfico de Carga <i>vs</i> Capacidade (Fresagem Média) .....	27
Figura 14- Representação do percurso da cavidade através do CPM.....	28
Figura 15- Célula de CPM.....	29
Figura 16 - Dados de entrada para identificação da proposta .....	30
Figura 17 - Dados de entrada Simulador (Determinação de Datas) .....	30
Figura 18- Capacidade <i>vs</i> (Carga + Carga Simulação) .....	31
Figura 19- Fluxograma Resumo do funcionamento do simulador de capacidades .....	32

# 1 Introdução

A presente dissertação foi realizada na Simoldes, no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, especialização em Gestão de Produção, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

## 1.1 Enquadramento do projeto e motivação

O planeamento da produção e a previsão de cargas produtivas é um problema para a maioria das empresas que fabricam por encomenda produtos 100% customizados. A possibilidade de previsão de cargas produtivas e o planeamento de capacidades, ainda que aproximados, permitirá à empresa tomar decisões atempadas no que diz respeito à necessidade de recursos extraordinários para o cumprimento de prazos previamente estabelecidos ou até negociação dos mesmos.

Nesta medida, o projeto desenvolvido vai constituir o protótipo e a base para a integração de um módulo de *software* que está a ser desenvolvido no ERP da empresa, com o objetivo de auxiliar nos processos de tomada de decisão ao nível do planeamento integrado. A ligação entre os departamentos de produção, planeamento e comercial, será estabelecida por este *software*.

Sendo a Simoldes Aços a empresa mãe do maior grupo da indústria dos moldes portuguesa, este projeto enquadra-se nas necessidades atuais e futuras da empresa, contribuindo para o seu crescimento e para ao seu desenvolvimento.

O presente projeto é um projeto piloto, servindo para validar a metodologia de previsão de cargas e de planeamento de capacidades e que, após validação, poderá ser aplicado em outras empresas do Grupo Simoldes.

## 1.2 O Planeamento, a previsão de cargas e a Simoldes Aços

A Simoldes Aços (SA) é uma das empresas do Grupo Simoldes (GS), que é um grande grupo da indústria de moldes a nível mundial. Fundado em 1959, o Grupo Simoldes iniciou a sua atividade com a produção de moldes para injeção de termoplásticos para uso doméstico ou para produção de brinquedos. Entre 1966 e 1976 foram feitas as primeiras exportações para países como Espanha, Inglaterra e Estados Unidos. Depois do 25 Abril de 1974 o grupo investiu na procura de grandes mercados partindo para a divulgação em feiras em Chicago, Birmingham e Gotemburgo, participando também em missões comerciais nos Estados Unidos, Canadá, Venezuela, Holanda e Dinamarca. Na década de 1980 iniciou a fabricação de moldes para a indústria automóvel europeia, nomeadamente para as marcas Volvo, Saab e Renault, exportando moldes para França e Suécia. As Figuras 1 e 2 mostram os vários tipos de produtos da indústria automóvel que podem ser feitos por injeção de termoplásticos e um exemplo de um molde para injeção de termoplásticos respetivamente.



Figura 1-Peças Inj.Termoplástica (moldes do GS)



Figura 2- Molde aberto

Atualmente o grupo integra uma divisão de injeção plásticos com 7 empresas, das quais 3 em Portugal e uma divisão de conceção e fabrico de moldes com 10 empresas, das quais em 6 Portugal. O mercado automóvel é responsável por 99% do volume de negócios do Grupo Simoldes. Na Figura 3 é apresentada uma fotografia aérea do espaço ocupado por 6 empresas da divisão de moldes e uma empresa da divisão de plásticos em Oliveira de Azeméis. (ManualAcolhimento\_GrupoSimoldes\_2015)



Figura 3- Vista aérea\_ Grupo Simoldes (Caracterização das empresas, Qualidade\_Amb\_HST)

A orientação estratégica do Grupo Simoldes, nomeadamente da divisão de moldes, assenta nos seguintes princípios: satisfação dos clientes, envolvimento dos fornecedores, envolvimento e valorização dos colaboradores, prevenção de acidentes de trabalho e minimização dos riscos para a saúde e segurança dos colaboradores, atualização dos meios

tecnológicos, proteção do ambiente, melhoria contínua, cumprimento da legislação e dos regulamentos aplicáveis à empresa, maximização da rentabilidade produtiva e na sua imagem de solidariedade. (Simoldes)

O projeto de planeamento de capacidades e afetação de cargas produtivas integra-se dentro dos princípios estratégicos da empresa, nomeadamente a satisfação dos clientes. As exigências do cliente relativamente ao planeamento da produção, ao controlo do estado do molde e à garantia de cumprimento de prazos têm vindo a aumentar. Conceitos como melhoria contínua dos processos produtivos e maximização da rentabilidade são de importância estratégica para a empresa na medida em que permitem conhecer as suas capacidades e limitações.

O planeamento assenta em diferentes funções tais quais a adjudicação de cargas, a distribuição de trabalhos, o cálculo de cargas totais, a determinação da disponibilidade, a deteção da aproximação de picos de trabalho e o conhecimento atempado de necessidades de recursos extraordinárias. Estas necessidades extraordinárias podem resultar no aumento do horário laboral em várias secções de produção para ser possível o cumprimento de prazos ou na subcontratação a outras empresas do ramo. Além disso a definição de estratégias de processamento têm que ter em conta a disponibilidade de equipamentos com o objetivo de conduzir todos os projetos ao cumprimento de metas temporais e de custo.

### 1.3 Objetivos do projeto

O objetivo final do presente projeto consiste em dotar a empresa de uma ferramenta de planeamento de capacidades de produção e meios que permitam conhecer quanto tempo e que quantidade de recursos são necessários para introduzir uma nova ordem de fabrico.

Esta ferramenta deve permitir verificar a exequibilidade de datas tendo em conta a carga da empresa à data da negociação do prazo de uma nova encomenda. Da mesma forma deve ajudar a estabelecer datas fiáveis e realistas, quando o cliente permite negociações.

Por outro lado, também se pretende que depois de aceites as propostas, se identifiquem antecipadamente necessidades de subcontratação de trabalho a empresas externas, ou contratação de capacidade extra, por meios de equipas temporárias ou horas extra.

### 1.4 Método seguido no projeto

Ao longo do período decorrente da dissertação, existiram algumas etapas distintas com objetivos distintos para cada uma delas, tendo todas contribuído positivamente para a elaboração da dissertação, para a aprendizagem de novos temas e para o desenvolvimento de competências interpessoais.

Seguidamente nomeiam-se por ordem cronológica cada uma destas etapas:

- Introdução da empresa, apresentação de instalações e políticas de trabalho;
- Gestão de projeto, contacto com clientes, identificação de defeitos de produto final e módulos de ensaios;
- Maquinação, acompanhamento do processo de fresagem, identificação de *Setup* de molde e de ferramenta;
- Planeamento, métodos e ferramentas utilizadas;
- Reunião, discussão e apresentação de objetivos e necessidades da empresa relacionadas com o projeto de dissertação;
- Reunião, decisão do método académico a utilizar em ordem a solucionar o problema proposto pela empresa;

- Orçamentação, reconhecimento e análise da estrutura utilizada;
- Aplicação do método selecionado, CPM, à realidade do processo produtivo da empresa;
- Interação, teste e ligação dos módulos que integram o modelo;
- Validação, aprovação e levantamento de limitações do método;
- Conclusão, aplicabilidade do método e desenvolvimentos futuros.

## **1.5 Estrutura da dissertação**

O presente documento encontra-se dividido em cinco capítulos.

Neste primeiro capítulo foi feita uma breve descrição da Simoldes Aços (SA) e foi apresentado o projeto e os objetivos respetivos, assim como a metodologia seguida no seu desenvolvimento e implementação.

No segundo capítulo, caracterização da situação atual, é descrito o processo desde a encomenda até à expedição, sendo referidos todos os setores de trabalho que acrescentam valor ao produto, sendo também evidenciados os recursos ativos, como por exemplo, máquinas. Neste capítulo é ainda descrito como se planeia a produção e como se contabilizam as cargas produtivas na empresa à data em que a caracterização foi feita, sendo finalmente identificadas oportunidades de melhoria.

O terceiro capítulo é apresentada a revisão bibliográfica que foi efetuada sobre os temas relacionados com o projeto.

No quarto capítulo são descritas todas as fases do projeto, nomeadamente o levantamento e tratamento de dados para auxiliar a tomada de decisão, o método utilizado para a distribuição de cargas de novos projetos (CPM) e de cargas atuais (planeamento de produção), e a validação do método e as limitações existentes.

No quinto capítulo são apresentados os resultados da implementação desta metodologia e as conclusões respetivas, bem como algumas propostas para o desenvolvimento de trabalhos futuros que possam ser enquadrados no âmbito do projeto.

## 2 Caracterização da Situação Atual

Para se compreender o contexto do projeto, vão ser aprofundados os conceitos inerentes à produção de moldes.

Desde o início da produção até ao final, o produto é uma peça única com um tempo de ciclo próprio. Não existem dois produtos com tempos de fabrico iguais. Existem produtos que têm características parecidas com as de um produto tipo, o que não significa que o processo ou tempo de execução seja na realidade semelhante. É, tendo em conta que não existem dois produtos iguais que se parte para o estudo do processo e não do produto.

### 2.1 O Processo

O processo, como o próprio nome indica é a sequência de operações que transformam uma determinada matéria-prima num produto final. Para se compreender melhor o processo de produção é necessário uma noção de toda a envolvente.

A Figura 2 evidencia a cadeia de valor dos moldes, assim conseguir-se-á compreender exatamente quais as operações que acrescentam valor ao molde. O processo é iniciado com uma ordem de encomenda por parte do cliente. Posteriormente, as ordens de trabalho são lançadas para a produção através do ERP em implementação. A sequência de operações de produção apresentadas são as que acrescentam valor à generalidade dos produtos produzidos. Esta sequência é flexível, no sentido em que a ordem de trabalho pode não ser exatamente a apresentada, mas na generalidade todos os produtos passam por estes processos. Por vezes existem outros processos que devem também ser executados, como por exemplo tratamentos térmicos que são geralmente exigências ou imposições dos clientes e podem provocar alterações na sequência de maquinação.

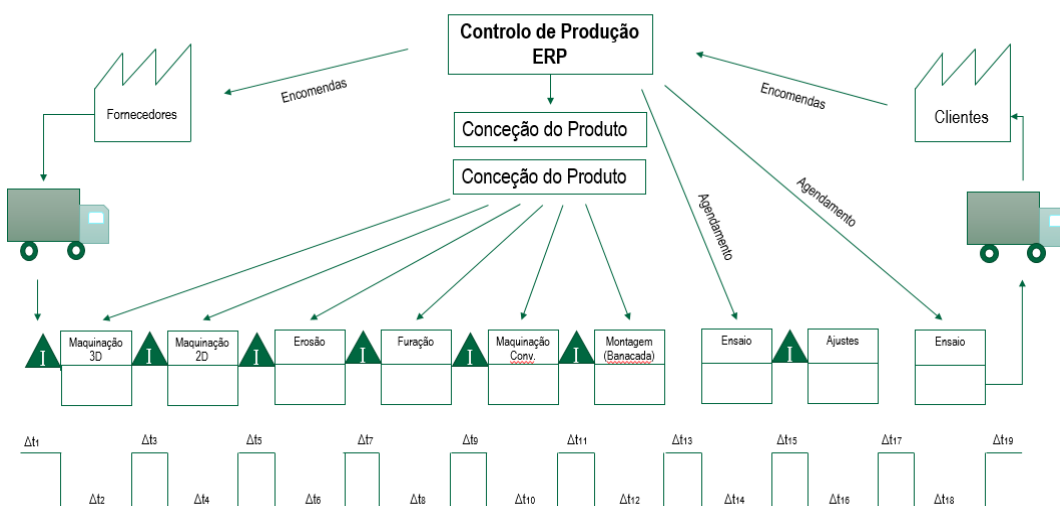


Figura 4- Cadeia de Valor do Molde (CVM)

O documento apresentado no Anexo A foi adaptado de um documento do departamento da qualidade do GS que explicita o procedimento/norma do grupo. Este documento mostra de forma mais detalhada o processo desde o pedido de orçamento até à expedição do molde. O documento original contempla mais algumas rubricas como alterações do projeto inicial ou pós venda que para o efeito deste estudo não vão ser consideradas.

O processo começa por evidenciar que o pedido de orçamento de um projeto é feito pelo cliente sendo posteriormente realizada a análise da exequibilidade, pelo departamento técnico (DT) por pessoas experientes. No presente projeto todos os cálculos são feitos com base no número de horas estimadas ou realizadas, não sendo em momento algum apresentados custos dos projetos. A proposta, depois de apresentada ao cliente pode ser, ou não, aceite. Em caso afirmativo o cliente envia os dados para o DT começar a conceber o desenho preliminar do molde. Após a revisão e a aprovação do desenho preliminar pelo cliente encomendam-se as matérias-primas (MP) para o fabrico do molde e concebe-se o modelo 3D para posterior aprovação pelo cliente. Nesta fase dá-se início à maquinação. A maquinação dos modelos depende não só da produção mas também da disponibilização dos ficheiros para maquinação por parte do DT. Inicia-se assim a produção do molde que inclui as seguintes operações:

- Maquinação Macho/Cavidade:
  - Desbaste
  - Pré-acabamento
  - 2D Frente e Trás e 2D Frente e Trás inclinado
  - Acabamento e Redução de Raios
- Maquinação Postiços e Movimentos
- Maquinação de elétrodos
- Erosão
- Furação
- Maquinação de Acessórios
- Montagem / Ajustamento Componentes
- Maquinação de Componentes Montados
- Polimento /Ajustamento Molde
- Montagem de *Standards*

Estas operações estão listadas numa ordem semelhante à sequência real das operações de produção de componentes podendo não ser igual em todos os casos. Após produção, o molde é submetido a um ensaio que pode ser realizado no centro de ensaios da empresa ou subcontratado a uma empresa de injeção de termoplásticos. Posteriormente o molde volta à fábrica para efetuar correções e afinações. Concluído o processo de afinações e correções avalia-se a necessidade de novo ensaio, fazem-se verificações finais ao molde, aprova-se para expedição e quando o molde chega ao cliente avalia-se a sua satisfação.

Quando se compreende o processo de conceção e fabrico do produto, há uma consciencialização acerca de uma grande quantidade de fatores externos que influenciam os resultados finais, sendo que o melhor resultado que se pode obter é o elevado nível de satisfação dos clientes. Hoje em dia, um dos parâmetros de satisfação mais difíceis de alcançar é o cumprimento de datas sejam elas de primeiro ensaio, datas estabelecidas para aprovação de textura e datas de expedição. Para garantir a satisfação neste campo é necessário

avaliar ou medir a capacidade e a disponibilidade de se fabricar um determinado produto ou conjunto de produtos, que à partida devem seguir as etapas acima referidas cumprindo estas três datas.

O planeamento de capacidades vai permitir conhecer antecipadamente se nas datas necessárias à execução de cada uma das etapas previamente referidas existe, ou não, disponibilidade de equipamentos para desempenhar essa função. Caso não seja possível outras decisões terão de ser tomadas em conformidade com os departamentos de planeamento, produção, compras e *marketing*.

## 2.2 Recursos

Tal como na maior parte das indústrias, a SA possui recursos humanos e materiais, neste caso equipamentos.

A capacidade produtiva de cada tipo de recurso depende das suas restrições, por exemplo, um recurso humano não trabalha o mesmo número de horas que um recurso máquina. A capacidade dos recursos produtivos é determinada a partir da capacidade disponível dos recursos humanos e dos recursos máquina. Serão alvo deste estudo apenas os departamentos técnicos (DT), as unidades CAM de preparação de trabalho e os vários setores de produção como Maquinação, Furação, Erosão e Montagem/Bancada.

Os departamentos técnicos, as áreas de preparação de trabalho e montagens dependem sobretudo da capacidade produtiva dos recursos humanos. Por este motivo considera-se que os colaboradores destes sectores são restringidos pelas 8h de trabalho diárias. A capacidade de produção de cada um é determinada com base no horário de cada colaborador.

Assim usa-se a seguinte fórmula para a determinação de capacidade:

Capacidade DT, PT e Bancada = Nº Colaboradores × 8h × 5 dias → Capacidade Semanal

Capacidade DT, PT e Bancada × 48 semanas → Capacidade Anual

Quando se trata de áreas mistas com recursos humanos e máquinas, há necessidade de estabelecer qual dos recursos é o recurso mais restritivo, como por exemplo nas áreas de Maquinação, Furação e Erosão. Normalmente em recursos máquina, os recursos que restringem o horário de funcionamento são os recursos humanos. Contudo, quando se trata de equipamentos automáticos ou semiautomáticos, esta restrição pode estar do lado das funcionalidades e características do equipamento em questão. Para se determinar o horário de funcionamento de cada equipamento, estabelece-se o número de turnos diários por cada equipamento.

Existem também alguns critérios que são tidos em conta e estabelecem o grau de dependência que cada máquina tem do colaborador responsável por ela. Estes critérios são, a existência ou não de troca automática de ferramenta, que pressupõe a existência de um armazém de ferramentas no equipamento; a existência de armazém de peças com robot para abastecimento automático de novo componente a maquinar ou nova paleta de componentes para maquinar. Um equipamento que possua meios de abastecimento automático de ferramentas e alimentação automática de componentes considera-se um equipamento 100% autónomo. Por sua vez, quando um equipamento não possui nenhum destes automatismos, considera-se que ele só funciona quando o operador está presente sendo classificado como dependente do operador.



Os tipos de equipamentos que existem na SA são idênticos aos das restantes empresas do mesmo ramo. As diferenças entre empresas podem ser nas dimensões dos equipamentos de produção, assim como nas respetivas precisões e nos comandos numéricos.

Os equipamentos de produção normais numa fábrica de moldes são:

- Fresadoras CNC -- realizam operações de desbaste, 2D frente e trás, 2D frente e trás inclinado, acabamento, abertura de caixas e outras que sejam necessárias ou mais específicas. Dentro das fresadoras CNC existem gamas que estão relacionadas com o peso do componente a maquinar e com o curso de maquinação necessário;
- Máquinas de Furação, normais ou de profundidade, manuais ou CNC -- realizam sobretudo operações de furação profunda;
- Tornos Convencionais -- usados na fabricação de acessórios;
- Retificadoras planas e cilíndricas -- retificam superfícies de componentes;
- Máquinas de Erosão -- estas também se distinguem pelo tamanho e peso dos componentes que são capazes de erodir;
- Ferramenteiras convencionais -- usadas sobretudo na maquinação de acessórios e pequenos componentes;
- Pressas -- utilizadas para fazer ajustes nos moldes, estes equipamentos também têm capacidades máximas ou limitações de peso máximo ou tamanho;
- Bancadas -- embora este grupo seja de montagem e não de maquinação podem mencionar-se algumas das operações lá realizadas, como por exemplo, tapar águas, ajustamentos de componentes e montagem, polimento e montagem de *standards*.

A produção encontra-se dividida em setores com os equipamentos agrupados tendo em conta as operações que executam: Fresagem, Erosão, Furação, Máquinas Convencionais, e Bancadas. Dentro de cada setor existem subdivisões devido ao grau de especificação dos componentes e das operações que cada equipamento executa. A diversidade de componentes em produção também força a categorização de equipamentos neste sentido. À medida que os moldes se foram tornando mais exigentes do ponto de vista técnico e de dimensão, houve necessidade de especializar alguns equipamentos em tipos de operações e componentes específicos.

A Figura 5 mostra os equipamentos associados aos vários setores distribuídos pelo *layout* da fábrica, que por sua vez se encontra dividido em naves. O setor da Fresagem está dividido por várias naves, estando as máquinas grandes com cursos entre 1000 e 1400 mm mais concentradas na nave 4. Estas máquinas são destinadas a operações de desbaste, pré-acabamento e 2D para maquinação de componentes como macho e cavidade. As máquinas médias, cujo curso está entre os 1000 e os 800 mm estão localizadas na nave 3, sendo destinadas à maquinações de postigos e movimentos de grandes dimensões. As máquinas pequenas têm cursos inferiores a 800 mm e também se encontram sobretudo na nave 3. É nesta nave que se encontram também equipamentos de precisão para realizar operações como acabamento e reduções de raios. A nave 1 possui CNC pequenas que tem a função de fazer maquinação de elétrodos em cobre para serem posteriormente utilizados nos equipamentos de erosão. A maquinação de placas de estrutura é também realizada nesta nave onde estão situadas 3 máquinas de grande dimensão.

SIMOLDES AÇOS

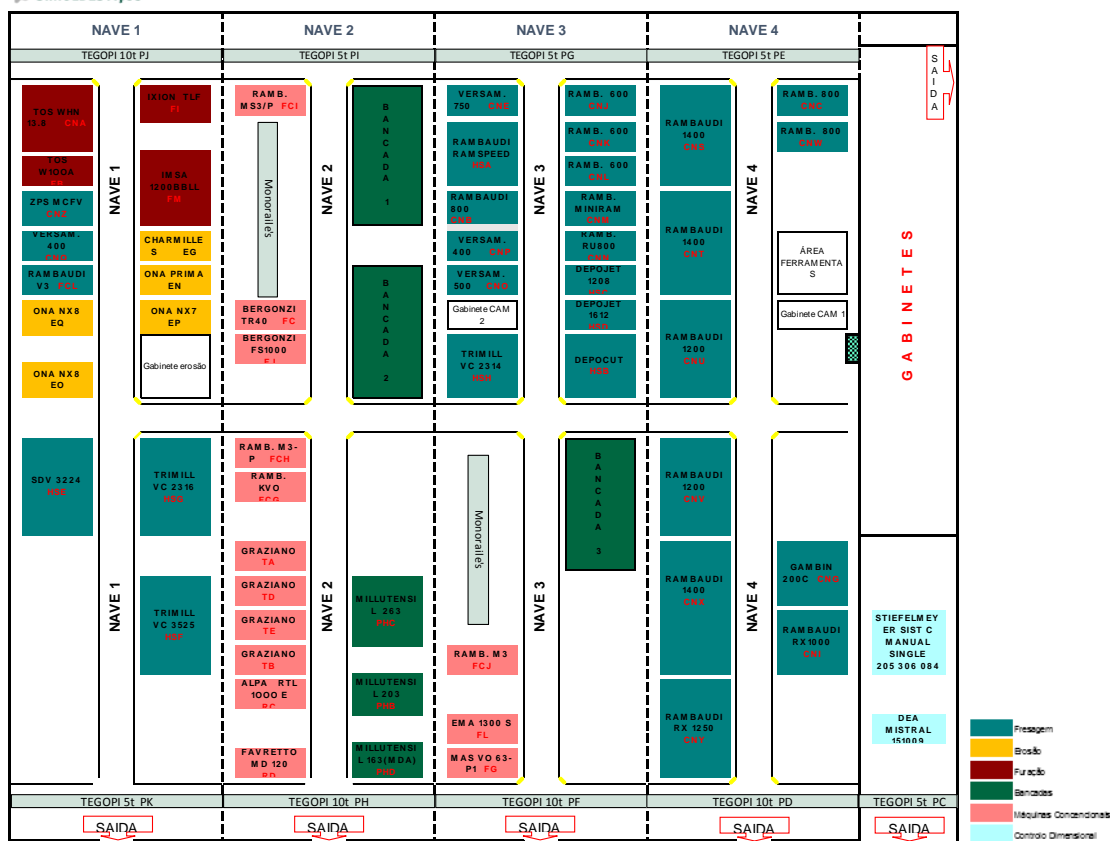


Figura 5-Layout SA (Fonte:Simoldes Aços)

Da mesma forma apresenta-se a distribuição dos equipamentos do setor de furação. Este setor é constituído por menos equipamentos do que o setor de fresagem, o que à partida se justifica pelo facto de não se executarem tantas horas de furação como de fresagem. As operações aqui realizadas também têm em conta a dimensão dos componentes, sendo que existem máquinas de furação em profundidade que têm como objetivo a execução de circuitos hidráulicos para refrigeração, ou seja para a passagem de água, e furação de circuitos hidráulicos que garantem as movimentações hidráulicas dos componentes. A máquina de furação de pequena dimensão tem o objetivo de maquinar componentes mais pequenos como por exemplo postigos e movimentos.

Um outro setor é o da erosão, que tal como mostra a Figura 5 se encontra junto do setor de furação, e é constituído apenas por máquinas de erosão por penetração e erosão por fio. As fresadoras CNC que maquinam elérodos estão localizadas junto das máquinas de erosão dentro da nave 4. As máquinas de erosão também possuem diversas dimensões que limitam os componentes a erodir. Neste setor utilizam-se elérodos de cobre, maquinados internamente e elérodos de grafite, que necessitam de ser adquiridos a uma entidade externa.

O setor de máquinas convencionais cobre operações que se realizam, na maior parte dos casos, antes da montagem dos moldes. É por este motivo que estes equipamentos se encontram próximos das bancadas, os operadores também se podem servir destes equipamentos durante a montagem dos moldes se necessitarem. Normalmente componentes como acessórios e guias são maquinados em ferramenteiras, os tornos servem para componentes com formas cilíndricas e por vezes para arranjar ferramentas. As retificadoras retificam placas de pressão e componentes que necessitem de superfícies planas ou lisas dependendo da aplicação.

Não se exclui a hipótese de reorganização do espaço uma vez que o encadeamento do processo pode sofrer alterações ou pode existir a necessidade de um novo sequenciamento de

operações. O processo é suficientemente flexível e apto para responder a solicitações de troca quando é necessário temperar componentes, ou quando algum requisito do cliente assim o exige. Para exemplificar esta flexibilidade salienta-se que as operações de furação podem ser executadas em bloco, mesmo antes do desbaste, ou numa outra fase do processo. Estas modificações podem acontecer por indisponibilidade de equipamento ou por falta de trabalho para um deles.

Os equipamentos e grupos de equipamentos podem ou não implicar uma dependência do operador. É por este motivo que a seguir se apresentam os horários de trabalho dos colaboradores. Embora a empresa esteja aberta 24h por dia, nem todos os equipamentos trabalham 24h por dia tal como mostra a Figura 6.

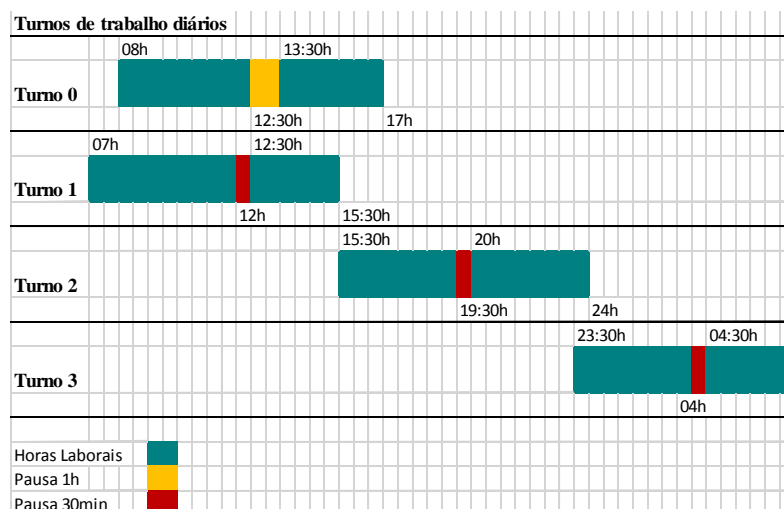


Figura 6- Turnos de funcionamento

É de notar que não é obrigatório que todos os equipamentos tenham operador durante os 3 turnos, nem que os equipamentos estejam parados durante as pausas de operador. Existe ainda mais um horário de funcionamento que é o horário laboral normal, das 8h às 17h. Posto isto, a capacidade de produção de cada equipamento pode ser calculada da seguinte forma:

Capacidade Produção Equipamento = Se (CF=1 e RA=1), 24h×7dias

Se (CF=1 e RA=0), 24h×6dias

Se (CF=0 e RA=0), nº turnos×8h×5dias

em que CF significa Carrossel de Ferramentas e RA significa Reabastecimento Automático. Em ambos os casos se for “=1” significa que existe e “=0” que não existe.

Nos equipamentos com carrossel de ferramentas o operador não necessita de parar a máquina para fazer a preparação e montagem, o que confere um grau de independência do equipamento face ao operador. Nos equipamentos com reabastecimento automático todos os trabalhos são previamente preparados e um robot reabastece o equipamento à medida que for terminando as operações nos componentes anteriores. Quando um equipamento não tem nem CF nem RA o grau de dependência do equipamento em relação ao operador aumenta. Neste momento a empresa não possui nenhuma máquina que tenha RA e não tenha CF.

Acima reflete-se a capacidade de produção semanal por equipamento, se quisermos obter a capacidade de produção anual basta multiplicar estes valores por 48 semanas. Assim, vamos medir a capacidade em horas por semana ou horas por ano.

Para se obter uma informação mais legível, agrupam-se alguns equipamentos em subgrupos, de acordo com o horário laboral e as respetivas características. As capacidades produtivas por grupo de equipamento são somadas.

A receção de material é feita nas saídas da nave 1 e 4. As expedições de moldes fazem-se nas saídas das naves 2 e 3. O trajeto do molde dentro do *layout* não está propriamente otimizado, uma vez que cada equipamento requer fundações e estruturas de suporte específicas, o que dificulta a reorganização do espaço. Os tempos de transporte dos componentes dentro do chão de fábrica são superiores ao que seria expectável com uma estrutura organizacional otimizada.

## 2.3 Planeamento e Carga Produtiva

Na empresa em estudo, o planeamento é realizado com base no conhecimento e na experiência dos engenheiros da equipa de planeamento, com recurso a ferramentas como Excel e Project estando numa fase inicial a inserção do planeamento na ferramenta ERP. Este planeamento é executado após a aceitação do projeto/molde por parte do departamento comercial. A aceitação dos projetos/molde parte do princípio que a capacidade de produção da empresa é infinita devido à facilidade de subcontratação e recurso a horas extraordinárias. Na empresa distinguem-se dois tipos de Planeamento, o MACRO e o FINO.

À data em que o planeamento é realizado, Planeamento Macro (PMACRO) são impostas algumas *milestones*, como por exemplo, Receção das Matérias-primas, Início de Maquinação, Ajustamento do Molde, Primeiro Ensaio, Aprovação de Molde para Textura e Expedição do Molde. O PMACRO é um planeamento que exprime tempos de operação para cada fase do processo, de uma forma sequenciada, sem contemplar a flexibilidade real de execução das operações. Este planeamento é lançando tentando cumprir as *milestones* impostas inicialmente e não considera a exequibilidade do ponto de vista da disponibilidade de equipamentos que o molde ou projeto requer. Nesta fase atribui-se a cada operação um grupo de equipamentos capaz de a executar, em que cada grupo possui vários equipamentos capazes de executar esta operação. A decisão sobre qual dos equipamentos vai ser utilizado acontece numa fase de planeamento fino que na prática funciona como gestão e lançamento de ordens de fabrico.

A adjudicação de cada operação às máquinas é responsabilidade do Planeamento Fino (PFINO). Este planeamento é realizado semanalmente e faz corresponder as operações a realizar, que constam no PMACRO, aos equipamentos disponíveis ou que vão eventualmente ficar disponíveis nessa semana. Os trabalhos são colocados em fila de espera para um determinado equipamento. O tempo de espera de cada componente até à maquinação não é atualmente calculado nem os tempos de *setup* são determinados. Posto isto, não se sabe quando é que o próximo trabalho vai entrar na máquina, nem se vai sair da máquina atrasado ou não. Este planeamento ou libertação de ordens de fabrico, está ainda numa fase embrionária, sendo que é executado na hora e não com a antecedência desejada e exposta por esta metodologia.

Este desconhecimento do que vai acontecer a seguir, juntamente com a falta de determinação do tempo de espera de cada componente, ou até mesmo os tempos de *setup* de cada componente, complicam a análise de cargas. Além disso, dificultam a atuação das equipas de melhoria continua, por não saberem onde devem intervir em primeira instância. A disponibilidade de um equipamento identifica-se atualmente quando um componente está a sair da máquina. Uma vez livre, introduz-se outro componente. Este procedimento é regular e diariamente executado pelos diretores de produção e chefes de fresagem, de furação e de erosão. Este procedimento conduz a um nível de desorganização visível no chão de fábrica e nos incumprimentos de datas que se tentam colmatar todos os dias.

## 2.4 Identificação das oportunidades de melhoria

O maior compromisso desta indústria é efetivamente com o cliente. O cliente é quem determina o que se faz, tem especificações e vai alterando as suas especificações ao longo do tempo se assim o entender. À empresa fornecedora cabe definir como fazer, com que meios e dentro de que prazo, garantindo a satisfação do cliente. Além disso, para ser rentável, a empresa deve produzir o produto com o menor custo possível para ser competitiva.

É na perspetiva de saber à partida qual é o intervalo de tempo que a empresa vai ter para realizar um produto, componente, molde, projeto ou serviço, que é necessário estimar qual a carga atual dos equipamentos, qual a carga disponível e em que equipamentos é que esse produto vai ser produzido. Com isto pode desenvolver-se uma metodologia que permita estimar o tempo total de produção de um molde, bem como a carga total produtiva permitindo garantir disponibilidade para o cliente e cumprimento de datas de entrega negociadas. Essa ferramenta não existe de momento na empresa.

Podem ainda conduzir-se estudos que categorizem os moldes, e fazer análise de tempos produtivos para cada classe de molde. Seria ainda importante estudar o tempo que cada tipo de componente está em espera até ser maquinado e quais os tempos de *setup* por equipamento. Com informações fiáveis a este nível, as ferramentas a desenvolver para previsão de cargas e planeamento de capacidades, seriam provavelmente mais aproximadas à realidade do que podem ser sem este tipo de informação.

### 3 Enquadramento Teórico

Atualmente existem várias empresas que baseiam o seu funcionamento no Fabrico Por Encomenda (FPE), sendo sobretudo pequenas e médias empresas (PME). (Silva, Roque, e Almeida 2006) subdividiu as empresas FPE em dois outros tipos: Lotes de Produção Customizados (LPC) que fornecem continuamente produtos conforme as especificações de um cliente durante um período de tempo previamente estabelecido num contrato ou Empresas de Manufatura Versátil (EMV) que fornecem uma grande variedade de produtos normalmente sem repetições. É neste último grupo, de empresas que fabricam apenas produtos customizados, que se pode enquadrar a produção de moldes.

Nas empresas de produção de moldes, a chegada de novos projetos segue uma distribuição aleatória ao longo do tempo. Normalmente cada molde é um produto diferente com componentes, percursos produtivos e tempos de produção distintos. Estes fatores dependem sobretudo das especificações iniciais e de cada cliente. Estes são os motivos pelos quais, (J.J. Liu 2013) ainda classifica mais pormenorizadamente este tipo de indústria, como indústria de Engenharia Por Encomenda (EPE).

Neste tipo de indústria, uma vez que o produto é realizado à medida das necessidades do cliente, tem sido crescente a exigência de qualidade e especificidade técnica dos produtos. Na última década, acompanhada desta exigência, a competitividade de mercado tem estabelecido outras metas para estas indústrias, das quais se destaca claramente a necessidade de cumprir prazos e datas acordadas entre fornecedor e cliente. Com a introdução desta nova exigência têm vindo a ser estudados por vários autores a necessidade de criação de metodologias e ferramentas que permitam estabelecer corretamente, ou negociar, as datas de entrega e prazos com os clientes. Outros autores dedicaram os seus estudos a desenvolver metodologias que combatam as lacunas que existem entre os modelos teóricos e as metodologias que são usadas na realidade no contexto empresarial.

Em (CHENG e GUPTA 1989) reconhecia-se a importância de estabelecer datas de entrega fiáveis tanto para investigadores como para gestores, salientando que para estes últimos atingir a previsibilidade e o controlo dos prazos era o seu objetivo principal. Conscientes de que atrasos poderiam resultar em sobrecargas e sobrecargas em novos atrasos, impondo um ciclo destrutivo que pode manchar a imagem de mercado de uma empresa, e originar custos indiretos bem como custos diretos relacionados com atrasos, como por exemplo penalizações e necessidade de subcontratação. Investigando a literatura existente até esta data (CHENG e GUPTA 1989) dividiram a metodologia de estabelecer datas de entrega em dois tipos: Exógena, que pressupõe a imposição de uma data por parte de uma entidade externa à empresa que vai fabricar o produto ou Endógena, que considera fatores internos e é estabelecida pelo responsável de planeamento e lançamento de ordens de fabrico. O método de imposição externa não considera quaisquer características relacionadas com as ordens já lançadas, com a estrutura do chão de fábrica ou com encomendas que possam vir a surgir. Este método subdivide-se ainda em Constante (CON) ou Aleatório (RAN) conforme se atribui ao tempo de produção um valor constante para todas as ordens a lançar ou um valor aleatório. Por outro lado os métodos classificados como Endógenos têm em consideração as

características da fábrica, o estado (o nível da carga) e o tempo estimado para o fluxo produtivo. Incluem-se neste grupo as metodologias que consideram a carga de todos os trabalhos que estão presentes na empresa (TWK), os tempos de espera e de folga entre trabalhos iguais para todos trabalhos (SLK), o número de operações a serem efetuadas (NOP), o tamanho das filas de espera no sistema (JIQ), o número de encomendas no sistema (JIS), e o tempo de espera do sistema (PPW), sendo que todos os critérios enumerados são mutuamente exclusivos. Estes métodos partiam da data de lançamento da ordem de fabrico e a partir daí estimavam o tempo total de permanência de um produto dentro de portas segundo os critérios acima citados e o resultado era uma data ou prazo de entrega. Com todas estas limitações foram surgindo outros estudos por necessidade.

Em 2005, pela mão de (Corti, Pozzetti, e Zorzini 2006), surgiu um modelo que podia ser usado como suporte à decisão numa fase precoce da negociação para verificar se é possível o cumprimento da data proposta pelo cliente. O novo modelo para estabelecer corretamente a data de entrega é conduzido pela determinação da capacidade e baseia-se em dois outros métodos, um previamente estudado por Kingsman (2000) e outro estudado por Park et al. (1999). Segundo (Corti, Pozzetti, e Zorzini 2006), o primeiro método, designado WORKCON, segue dois passos: o primeiro passo é o cálculo da carga de produção sem considerar uma nova ordem e o segundo passo é o cálculo da carga que uma nova ordem vai provocar, verificando se existe capacidade para a execução. No modelo de Park et al. a determinação da capacidade do gargalo de produção é o que permite estabelecer a data de entrega. O método desenvolvido por (Corti, Pozzetti, e Zorzini 2006) pressupõe que se trata de um sistema montado em centros de trabalho nos quais se acrescenta valor, o gargalo de produção que pode variar ao longo do tempo conforme a combinação de operações de cada produto. São ainda considerados três estados para encomendas: encomendas já lançadas para a produção, encomendas confirmadas mas ainda não lançadas e encomendas à espera de confirmação do cliente mas ainda não aceites. No final, uma ordem pode ser aceite, aceite se houver ajustamento de capacidade ou não aceite por impossibilidade. Para que seja possível o modelo servir de ferramenta de apoio à tomada de decisão e confirmação de que a data proposta é fiável, são necessários dados de entrada que nem sempre estão disponíveis na altura de negociação ou da aceitação do projeto, tais como:

- Data proposta pelo cliente;
- Classificação conforme a probabilidade de se tornar uma encomenda real;
- Capacidade disponível contemplando o tempo em que cada recurso opera, as avarias, os problemas de não qualidade e o absentismo dos operadores.

Neste modelo consideram-se as limitações de capacidade de uma forma hierárquica, com o objetivo de minimizar as limitações durante a fase de execução, e avalia-se a influência da variação de parâmetros na data previamente estabelecida. A carga provocada por ordens já lançadas é um parâmetro determinístico, mas a carga provocada por ordens não lançadas era imprevisível na medida em que não se sabia quando iriam ser lançadas. A carga provocada por encomendas ainda não confirmadas é determinada recorrendo a métodos probabilísticos.

Para obter o resultado final o modelo executa dois ciclos, em que no primeiro ciclo se verifica a capacidade considerando as rotas mais prováveis da ordem para a qual se pretende estabelecer a data de entrega. Se for completamente impossível, então o resultado será completamente impossível. Caso contrário entra no segundo ciclo e há uma verificação de capacidade, que considera outras rotas do produto pelas estações que lhe acrescentam valor, podendo o resultado ser exequível ou exequível com reajustes de capacidade. Este modelo pressupõe uma forte ligação ao planeamento e às estratégias de lançamento de ordens de fabrico adotadas. Este modelo foi desenvolvido para indústrias que trabalham por encomenda e permite verificar a exequibilidade de uma data quando esta é proposta por um cliente.

(Alfieri 2007) salienta a importância de se estabelecer os prazos de entrega que respeitem, ao máximo, o tempo de execução do conjunto de operações que um produto percorre, ou seja, se o produto tiver um tempo de produção reduzido, a data de entrega deve estar mais próxima do que a de um produto que tem um tempo total de produção muito elevado. Esta abordagem tem como base o posicionamento de mercado das empresas.

Quando se estabelece um prazo de entrega muito longo para um produto com tempo total de produção não muito longo, corre-se o risco de se perder competitividade de mercado a curto prazo, uma vez que o cliente pode encontrar outro fornecedor que forneça o produto mais rapidamente. Se pelo contrário, se estabelecerem prazos demasiado curtos para produtos com elevados tempos de produção, corre-se o risco de não cumprir com o prazo acordado com o cliente, gerando insatisfação e, desta forma, perder competitividade de mercado a longo prazo. No seguimento desta ideia (Alfieri 2007) realizou um estudo de classificação de políticas para o estabelecimento de datas de prazos comparando os atrasos nas datas de entrega e as políticas de lançamento de ordens de fabrico. Considera-se este estudo para empresas que respeitam algumas das características da indústria EPE, tais como a aleatoriedade de chegada de encomendas e em que, por outro lado, as encomendas seguem todas a mesma sequência de fabrico e a duração das operações é previamente definida e não se altera com a influência de fatores externos, mas a data de entrega de encomendas é fixada pelo cliente.

A distribuição de ordens de fabrico respeita regras estáticas como: primeiro a chegar primeiro a sair, data de entrega mais próxima e menor tempo de processamento. (Alfieri 2007) aconselha a distinção entre datas internas e datas externas, sendo que as primeiras respeitam a data de início e o tempo total de processamento, e as segundas contam, além disso, com um tempo de segurança que inclui o transporte e possíveis imprevistos durante o processo.

Os métodos de estabelecimento de datas são ainda classificados como Básico e Avançado conforme consideram que um equipamento pode executar um ou vários produtos ao mesmo tempo, as cargas das máquinas pressupõe entrada e saída de trabalhos ou tempos de filas de espera mais tempos de processamento. Ambos os métodos pressupõem janelas de tempo, o estabelecimento de prazos feito considerando encomendas que foram feitas ou lançadas na produção dentro de uma janela de tempo. As encomendas aceites posteriormente a essa janela de tempo vão ter de esperar por nova análise numa outra janela de tempo. É neste ponto que falha o sistema, uma vez que se pretende saber a determinação da data de entrega no momento da data da aceitação do projeto, sem ter de se aguardar pela análise do estado do chão de fábrica num determinado tempo.

Com o objetivo de combater a lacuna entre os métodos para a definição de datas de entrega exequíveis para a indústria (EPE) propostos academicamente e a prática real das empresas, (Zorzini, Corti, e Pozzetti 2008) realizaram uma análise empírica que teve como base o estudo da realidade de 15 empresas de setores diferentes no norte de Itália. O estabelecimento de tempos de produção para entrega e gestão de capacidades conduz usualmente a conflitos entre os departamentos de *marketing*, *comercial* e *produção*. As metodologias de estabelecimento de prazos para entrega exequíveis na literatura, contemplam metodologias que consideram o tempo total de processamento, a capacidade disponível no chão de fábrica, as cargas, a previsão de chegada de novas encomendas, e raramente têm em consideração a relação entre os três departamentos mencionados. As 15 empresas estudadas pertencem à indústria FPE ou EPE, e são direcionadas para diferentes segmentos de mercado, com volumes de faturação que variam entre 5 e 90 milhões de euros. Foram classificadas segundo:

- Complexidade do produto e configuração do processo, da estratégia e dos objetivos tácitos;



- Competitividade de mercado e fatores de competitividade;
- Grau de coordenação entre *marketing* e manufatura, fluxos de informação e ligações com o cliente;
- Políticas de aceitação de encomendas e de estabelecimento de prazos, estratégias de planeamento de capacidade e flexibilidade da produção no curto e no médio prazo.

Dentro da coordenação entre manufatura e marketing distingue-se a importância de cumprimento de data de entrega para o cliente (baixa; média; alta) porque existem indústrias onde a qualidade técnica ou o preço prevalecem, assim como o nível de complexidade técnica dos produtos (baixo; elevado) e o grau de especificação dos produtos (Standard; Flexível; Extremo). Após esta classificação é possível avaliar se é importante, numa determinada indústria, a existência de uma ligação e comunicação entre estes dois departamentos.

O resultado da combinação dos três fatores podia ser um dos seguintes:

- sem necessidade de integração, em que os departamentos normalmente não partilham informação;
- integração ocasional, em que existe estabelecimento de comunicação por correio eletrónico ou reunião para definição das datas;
- integração continua, quando, por exemplo, é utilizada documentação tipo e procedimentos estabelecidos;
- integração avançada, por meios de tecnologia informática e ferramentas de tomada de decisão partilhadas na empresa e coordenação dos dois departamentos imposta administrativamente.

A classificação de procedimentos para o estabelecimento de prazos volta a ser analisada, mas agora segundo os seguintes três critérios:

- sem análise de carga, em que o prazo é estabelecido com base tempo médio de produção;
- com a carga de produção do gargalo e o tempo estimado de produção;
- carga de todos os recursos necessários.

A incorporação de estratégias de planeamento de capacidades revela-se a ligação perfeita para se conseguir uma nova classificação: a metodologia de estabelecimento de prazos e datas de entrega. Assim as estratégias de planeamento de capacidades podem ser:

- Planeamento para a frente, cargas atribuídas para a frente da data do lançamento da primeira ordem de fabrico;
- Planeamento para trás, a partir da data onde termina a última operação;
- Planeamento para trás e priorização com base no sistema de duas velocidades (Grupo de componentes A seguem o sistema *pull*, parte do princípio que é a ordem do cliente que puxa todo o processo produtivo para si: Grupo de componentes B, parte do princípio que as ordens são lançadas segundo o sistema *push*, que empurra as matérias primas desde que elas chegam à fábrica até ao cliente final).

No final da caracterização as encomendas ficam classificadas em:

- Data Negociável e Encomenda Rápida, quando o cumprimento da data de entrega é importante para o cliente;

- Data Negociável e Encomenda Lenta, quando o cumprimento da data de entrega não é um fator importante para o cliente;
- Data Fixa pelo cliente.

De acordo com esta classificação a nova encomenda segue o procedimento de verificação de capacidade para permitir o estabelecimento de datas de entrega exequíveis por forma a garantir a satisfação do cliente. A Figura 7 é representativa do procedimento proposto.

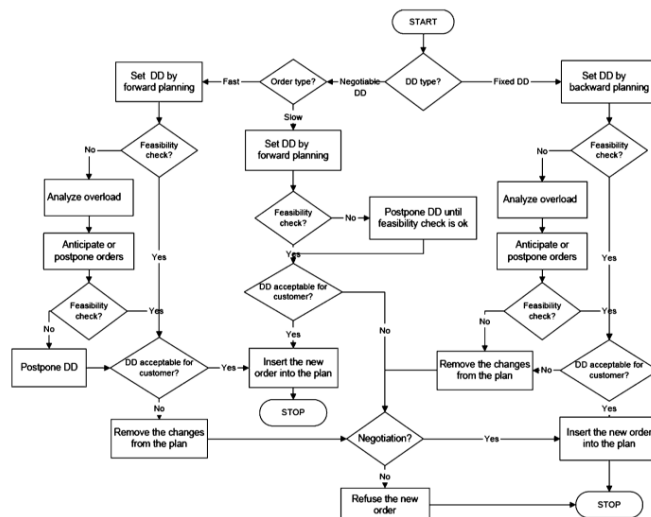


Fig. 5. The proposed model for the decision process to set DDs.

Figura 7- Fluxograma do método proposto por (Zorzini, Corti, e Pozzetti 2008)

No que diz respeito especificamente à indústria dos moldes, (J.J. Liu 2013) desenvolveu um método em que considera que a informação relativa a encomendas para processamento se altera ao longo do tempo, baseado em simulações. Este modelo de planeamento de capacidades, denominado CIM pelo autor, foi proposto para estimar o tempo total de produção de um molde tendo em conta a carga da fábrica. A constituição do CIM pressupõe o uso de distribuições de probabilidade para determinação de tempos totais de produção de ordens de fabrico não confirmadas. Também foi proposto um sistema de planeamento de produção com sistemas de prioridades de lançamento de ordens de fabrico. A estimativa do tempo total de produção de um novo molde é baseada em cadeias de Markov com tempos discretos. A evolução do molde com capacidade limitada, desenvolvida com o modelo de Markov, permite determinar a probabilidade de cumprimento de prazo para cada nova ordem de trabalho. Este processo revela-se complexo e, mais uma vez, necessita de janelas temporais para a execução do processo de simulação. Por esse motivo outros autores sugerem outras alternativas.

Com a necessidade de combater os problemas associados à gestão de informação que vai chegando dos clientes relativa a alterações, a competição pelos mesmos recursos por parte de diferentes projetos, a natureza do chão de fábrica, a necessidades de lidar com vários subcontratados e as necessidades de retrabalho, surge pela mão de (Silva, Roque, e Almeida 2006) o desenvolvimento de uma ferramenta de planeamento de produção e controlo, bem como de gestão documental. A pressão por parte dos clientes de forma a reduzir os tempos totais de produção requer organização, tecnologia e sistemas de informação. A abordagem aos sistemas de informação e gestão documental está ligada à eficiência e ao cumprimento do planeamento. Grande parte das operações iniciais implica a partilha de ficheiros de informação, de modelos 3D, de contratos, de objetivos estabelecidos, de datas a cumprir tanto por parte do cliente como por parte do fornecedor e de alterações que possam surgir já no decurso do processo produtivo.

A gestão de informação contribui mais uma vez para garantir o cumprimento de datas previamente acordadas, bem como a redução dos tempos totais de produção ao mesmo tempo que mantém os objetivos da qualidade. Uma ferramenta de planeamento, de monitorização, de controlo e de gestão de informação é também proposta por (Leung, Choy, e Kwong 2010), com foco principal na obtenção de informação em tempo real por meios de identificação por radiofrequência.

Os sistemas de radiofrequência transmitem informação através de ondas rádio entre um emissor e um recetor e são frequentemente usados em identificação, categorização e localização. O problema de distribuição de operações na indústria de moldes torna-se complexo uma vez que permite a troca das ordens sequenciais dos processos em cada componente. Nessa perspetiva é necessário estabelecer a correspondência entre inúmeros componentes, grupos de equipamentos e operações. Com a identificação por radiofrequência podemos obter dados de entrada de grande qualidade em tempo útil mas não permite, por si só, tomar decisão de planeamento e distribuição na indústria de moldes.

A aplicação de algoritmos genéticos e raciocínios baseados em casos, foram as metodologias adotadas no modelo de (Leung, Choy, e Kwong 2010).

A aplicação de algoritmos genéticos procura combinações de processos e máquinas de forma a encontrar as soluções mais otimizadas, sendo gerados cromossomas, verificadas as restrições do problema, avaliada a adaptabilidade, reproduzindo cromossomas e limitando o algoritmo. No raciocínio baseados em casos, de forma análoga à metodologia humana, compara um problema atual com um outro já decorrido e tenta encontrar uma solução. Este tipo de abordagem é muito utilizado em problemas não estruturados e com problemas relativos a análise de informação e tomada de decisão. No final a ferramenta fornece planeamento e apoio às tomadas de decisão para a indústria de moldes que requer uma análise de grande uma grande quantidade de dados como o estado de cada projeto em tempo real, a localização de componentes e a ocupação dos recursos produtivos, sendo que é neste último onde se enquadra melhor o âmbito do presente projeto, uma vez que permite conhecer-se a carga atual de qualquer um dos equipamentos. Embora os sistemas de localização por radiofrequência estejam bem cotados por alguns investigadores, uma vez que não estão implementados na empresa em estudo, é necessário recorrer a outros sistemas que permitam o controlo e a atualização de cargas laborais no chão de fábrica.

No modelo MAPP-“*Mould: Assistant Production Planner*” proposto por (Silva, Roque, e Almeida 2006) que evidencia necessidades de planeamento e controlo de produção, a determinação de cargas laborais é obtida para cada equipamento tendo em conta o trabalho em fila de espera já planeado para esse equipamento. O modelo sugere que as cargas laborais sejam utilizadas para se estabelecerem prazos de entrega exequíveis. A estimativa de tempos de produção por operação é feita com base em *feedback* dos gestores de produção. O planeamento para uma nova encomenda é elaborado respeitando precedências entre operações, entre tipo de operação, entre centros de trabalho e posteriormente é simulado sobre as cargas já em fila de espera para cada equipamento. Conforme os resultados da simulação, podem tomar-se decisões como reorganização de percursos produtivos, realocação de recursos, considerações de capacidade extra, subcontratação, modificação de estratégias de produção e renegociação de datas de entrega ou prazos.

A estimativa do tempo produtivo de cada no novo molde a usar na metodologia de gestão de capacidades desenvolvida no âmbito do presente projeto é feita com base no número de horas que é orçamentado ao cliente. Esta orçamentação é determinada com base na experiência dos orçamentistas. Esses tempos vão ser usados para construir um planeamento tipo que, em vez de obedecer às estratégias de planeamento anteriormente propostas, vai obedecer ao método do caminho crítico.

(Alzraiee, Zayed, e Moselhi 2015) abordam a forma como a distribuição de um projeto é desenvolvida, desintegrando-o em lotes de atividades e estabelecendo uma sequência lógica entre essas várias atividades, esperando como resultado uma ferramenta complexa de planeamento e controlo de projeto classificando o método do caminho crítico como uma ferramenta de planeamento tradicional. Desde a introdução do método do caminho crítico (CPM) nos anos 50 e, mais tarde, da sua evolução para os diagramas de precedências (PDM) e para (PERT), as ferramentas tradicionais têm fornecido uma ajuda útil, embora pouco precisa, mas com capacidade de modelar detalhes de operação como por exemplo, duração, recursos ou custos. Contudo, as influências externas e os fatores dinâmicos são negligenciados.

Relativamente ao presente projeto não se pretende uma aproximação demasiado justa à realidade, pretendendo-se, com a utilização do método CPM, uma aproximação algo grosseira que permita decidir se os projetos podem ou não ser executados dentro do tempo, ou identificar antecipadamente necessidade de subcontratação. Esta metodologia é adequada uma vez que, numa fase inicial, a informação é escassa e quanto mais pormenorizado for o modelo maior a probabilidade de se cometer um erro logo à partida. Uma vez que o objetivo não é o planeamento e o método que é atualmente usado na empresa sofre ajustes ao longo do tempo, com introdução de alterações ou renegociações de prazo, o método CPM é o mais simples e mais adequado para um projeto de planeamento de capacidades com vista à estruturação de uma ferramenta de apoio à tomada de decisão.

O método CPM permite que sejam estabelecidos os inícios de cada operação, a sua duração, o seu fim, o encadeamento de cada operação no processo produtivo, esteja as operações em série ou em paralelo com outras operações. Normalmente define-se a sequência das operações, atribui-se uma duração a cada uma delas e uma data ou tempo inicial ou final. Obtém-se uma data inicial e uma data limite inicial para cada operação, da mesma forma que se obtém uma data final e uma data limite final para cada operação. As folgas, ou tempos máximos de espera para o início ou fim de cada operação são-nos dados pelas folgas. A Figura 8 retirada de (Carravilla e Oliveira 2010) é uma representação da definição de um projeto.

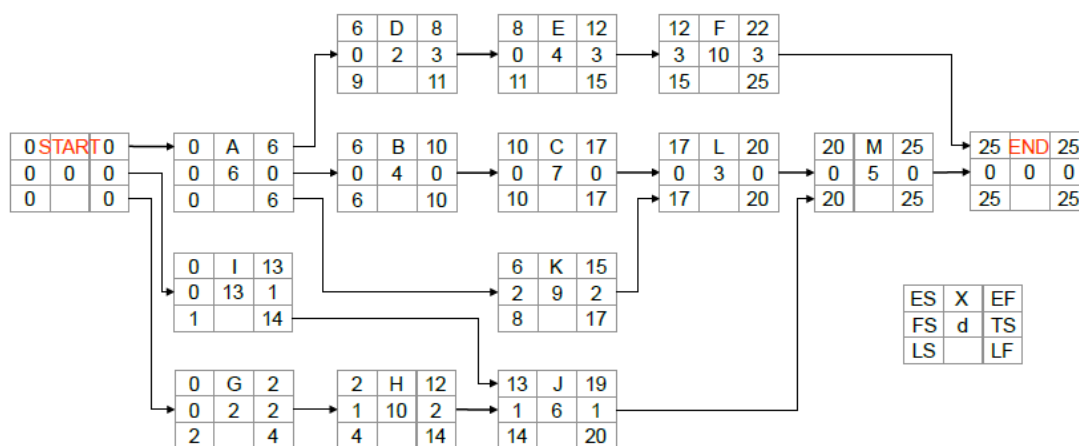


Figura 8- Representação gráfica do método CPM (Carravilla e Oliveira 2010)

Onde X identifica a operação, ES representa a data inicial, EF a data final, LS a data limite inicial, LF a data limite final,  $FS=LS-ES$  representa a folga livre (máximo atraso que o início de uma atividade pode ter sem colocar em risco o início de outras atividades) e  $TS=LF-EF$  representa a folga total (máximo atraso que uma atividade pode ter sem comprometer a conclusão do projeto). O caminho crítico do projeto é o que apresenta folgas iguais a zero e

corresponde àquele que permite, numa fase inicial, determinar qual a melhor data de entrega a negociar com o cliente.

No modelo a desenvolver nesta dissertação será usado o método CPM para distribuição temporal das operações de novos projetos a adjudicar, uma vez que à partida parece mais grosseiro, mas nesta situação torna-se ideal, porque a contabilização de cargas produtivas vai ser feita tendo em conta os planeamentos de todos os projetos em produção. Pretende-se assim, obter uma nova ferramenta de apoio à tomada de decisão e estabelecimento de datas de entrega exequíveis, para a indústria de moldes.

## 4 Descrição da Metodologia de Implementação

A metodologia seguida para efetuar a simulação de cargas produtivas neste projeto baseou-se no levantamento de dados, quer da orçamentação quer do planeamento macro, retirados da base de dados do ERP da empresa. Se surgir a necessidade de extrapolar esta metodologia, ela já se encontra em conformidade com o que poderá ser feito a uma escala maior. Posteriormente foi realizado o tratamento de dados para propostas de orçamento de moldes e de projetos, bem como de dados de planeamento de moldes para obtenção de cargas atuais. O planeamento tipo foi elaborado através de um CPM que permitiu distribuir as cargas produtivas de forma aproximada pelas semanas do ano e, assim, identificar sobrecargas antecipadamente. Da mesma forma a metodologia desenvolvida pode permitir negociar a data de primeiro ensaio, para que não existam sobrecargas produtivas.

### 4.1 Levantamento de dados que auxiliam a exequibilidade da previsão

O levantamento e tratamento de dados para auxiliar a construção de um simulador de cargas produtivas aquando da aceitação de um projeto, foi elaborado conforme a Figura 9 e respetiva descrição ilustram. Dos dados das propostas de molde, antes de serem aceites, retiram-se os tempos de produção de cada um dos componentes e associam-se esses tempos de produção de forma sequencial a cada grupo de equipamento a que está associada cada operação.

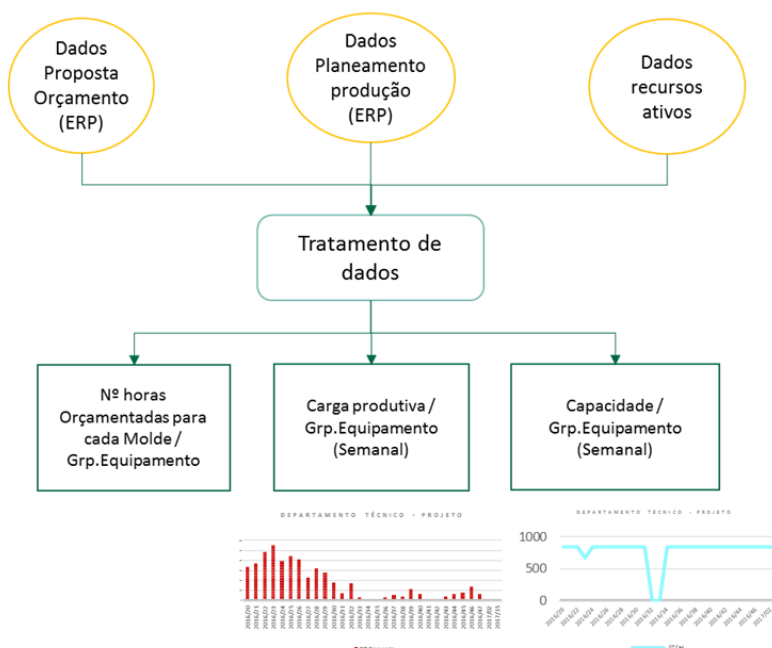


Figura 9- Ilustração do método de tratamento de dados

Dos dados do planeamento retiram-se as cargas produtivas associadas a cada grupo de equipamentos para cada componente de moldes em produção, ou em espera para entrar em produção, sendo que, sempre que um trabalho é finalizado ou parcialmente concluído liberta carga a um grupo de equipamentos e, cada trabalho planeado para esse grupo de equipamentos, acrescenta carga ao longo do tempo.

O tratamento de dados de recursos originou a determinação de capacidades disponíveis na empresa, dando origem a um gráfico que ilustra, por grupo de equipamentos a capacidade disponível ao longo das 52 semanas seguintes, ou seja, num horizonte temporal de um ano.

#### **4.1.1 Orçamentação**

O processo de orçamentação da empresa é baseado no produto final que o cliente pretende obter. Numa primeira fase, o cliente envia um esboço da peça final a produzir por injeção de um termoplástico e o departamento de projeto envia um orçamento para o cliente. O orçamento é construído a partir do número de horas que a empresa necessita para produzir uma ferramenta para injeção da peça final. Este número está dependente de várias características do produto, tais como, a forma, a complexidade, a dimensão e a quantidade de matérias-primas. Outro fator influenciador do número de horas atribuídas ao molde é a conceção do molde propriamente dita, ou seja, se vai ter uma ou duas cavidades, a complexidade dos sistemas de desmoldagem/extração, os sistemas de refrigeração, os movimentos mecânicos e os movimentos hidráulicos, o número de postigos e ainda o sistema de injeção.

Numa fase tão inicial como a da orçamentação são necessárias pessoas experientes para conseguirem prever o funcionamento e a conceção do molde avaliando o produto final e seguindo apenas algumas indicações dos clientes. Para auxiliar este processo foram desenvolvidas anteriormente algumas ferramentas que permitem prever o número de horas em cada fase do processo que cada componente necessita para ser fabricado, com base nos componentes a fabricar e no grau de complexidade. Além disso as dimensões dos componentes também permitem prever quais os recursos dentro de cada processo que vão ser utilizados.

É com base nas horas orçamentadas por componente, distribuídas no tempo segundo uma sequência de operações dentro do processo produtivo, é feita a previsão de cargas da empresa. Os grupos de equipamentos capazes de executar cada operação dependendo da dimensão do componente em cada fase do processo, são também atribuídos, permitindo assim a alocação de cargas. Desta forma, o número de horas orçamentadas para cada componente é tratado como uma reserva de capacidade para cada grupo de equipamentos. Essa reserva é feita, numa data tal que permita que o molde fique concluído no prazo fixado pelo cliente ou no prazo previamente negociado pela empresa.

#### **4.1.2 Carga de máquinas atual**

A carga de máquinas atual, ou por outras palavras a capacidade utilizada atual, é determinada com base no planeamento macro do molde, tendo em conta os moldes em produção. De cada vez que um molde é adjudicado, a equipa técnica elabora o planeamento de forma a cumprir a data previamente acordada com o cliente para o primeiro ensaio do molde.

A equipa técnica de planeamento terá que atribuir horas para a execução de cada componente em cada processo, mas com mais rigor do que na fase de orçamentação, pois possui dados mais exatos da peça e do molde.

Todas as operações de cada molde em cada grupo de equipamentos somadas resultam na carga de molde por grupo de equipamento em cada semana, e o somatório das cargas de

todos os moldes por semana e por grupo de equipamento resulta na carga da empresa por grupo de equipamento.

Como o planeamento é feito de trás para a frente, a partir da data de entrega do molde, subtrai-se o tempo total de produção do componente crítico, tendo em consideração o horário de funcionamento de cada grupo de equipamentos, e calcula-se a data de início da primeira ordem de fabrico. As ordens de fabrico associadas a componentes que não são críticos vão sendo lançadas em paralelo à produção do componente crítico tendo em conta que é necessário que todos os componentes estejam concluídos para montagem numa data previamente estabelecida para o primeiro ensaio.

Com base nesta carga, resulta do somatório das horas planeadas para todos os moldes em produção e na capacidade de produção da empresa, vai ser feita uma simulação para verificar se a diferença entre a capacidade e a carga de produção da empresa é suficiente para garantir a execução de um novo molde.

As cargas resultam da sobreposição do planeamento de todos os moldes. Pode ver-se um excerto de um exemplo do PMACRO de um molde na Figura 10, em que a cada atividade está atribuído um grupo de equipamentos e a respetiva duração.

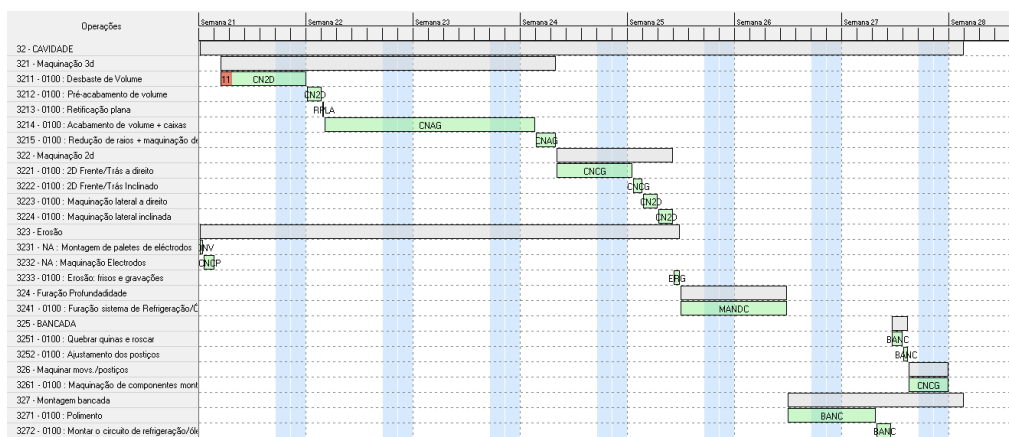


Figura 10-Excerto de um Gantt que ilustra o planeamento macro de um molde em produção

Os grupos de equipamentos foram associados a setores conforme ilustra a Tabela 1, onde não se distingue se o equipamento é de alta velocidade ou não, apenas se classifica as Fresadoras CNC em Grandes, Médias e Pequenas, prevalecendo a tipologia do equipamento e não a sua funcionalidade, uma vez que é o curso (x, y, z) da máquina que limita a dimensão do componente a maquinar.

É necessário salientar que o mesmo tipo de operação pode ser feito em máquinas com diferentes classificações de dimensão. Mas, por outro lado, podem existir máquinas com a mesma classificação de dimensão mas que realizam diferentes tipos de operações. Esta junção foi feita porque numa fase de negociação onde existe uma probabilidade elevada de o próprio molde a adjudicar sofrer alterações quanto maior for o grau de detalhe maior a probabilidade de cometer um erro na atribuição do equipamento. Neste caso é necessário simular de uma forma mais geral, com o objetivo de evitar atribuições a equipamentos erradas.

Na secção de erosão, por uma questão de simplificação a análise, os equipamentos foram agrupados sem ter em conta as respetivas dimensões, ainda que, obviamente, num equipamento pequeno não é possível erodir um componente de grandes dimensões.



Agruparam-se ainda os equipamentos convencionais com base na funcionalidade de cada um ou no objetivo de produção e não na tipologia uma vez que todos são utilizados para fabricar acessórios e para efetuar pequenas correções que podem servir tanto à bancada como a manutenção de ferramentas de fresagem.

Tabela 1- Associação de Grupos de Equipamentos a Sectores

Grupo de equipamentos	Sector
Departamento Técnico	Dep. Técnico - Projeto
Preparação de Trabalho	Preparação de Trabalho (Programas CNC)
CNC Grande + CNC 2D + CNC 2D Estruturas	Fresagem Máq. Grandes (CNC + Alta Vel.)
CNC Médias	Fresagem Máq. Médias (CNC + Alta Vel.)
CNC Pequenas	Fresagem Máq. Pequenas (CNC + Alta Vel.)
CNC Maquinação Eléktrods	Eléktrods
Erosão Fio + Erosão Pequena + Erosão Média + Erosão Grande	Erosão
Mandriladoras Manuais + CNC de Furação Profunda	Furação (Mandriladoras)
Tornos + Retificadoras + Ferramenteiras	Máq. Convencionais (Torno, Ferram, Rect.)
Polimento	Polimento
Bancada	Bancada

As cargas são apresentadas em gráficos de barras como ilustra a Figura 11, que é um exemplo dos vários gráficos de cargas que podem ser obtidos pelo somatório das horas planeadas para todos os moldes, e por grupo de equipamento, em cada semana. Para cada um dos 11 setores identificados na Tabela 1 é elaborado um gráfico como o que se encontra representado na Figura 11.

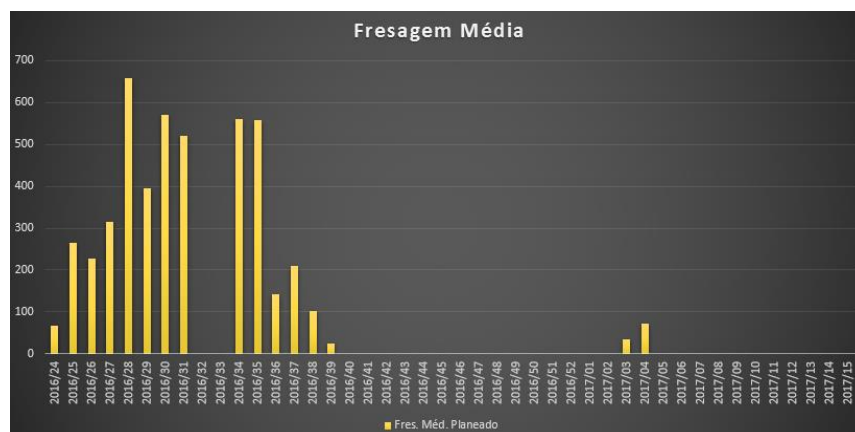


Figura 11- Carga do Setor Fresagem Média

No gráfico pode ser constatado que existem picos de trabalho, embora sem motivo aparente, sendo devido ao facto de a chegada de novos moldes ser aleatória e cada um dos moldes corresponder a uma combinação de operações com horas diferentes de operação para cada operação. De qualquer forma nada impede que os componentes sejam produzidos em máquinas maiores do que aquelas que naturalmente lhes seriam atribuídas.

### 4.1.3 Determinação de Capacidade

Um conhecimento da capacidade de produção é fundamental para se calcular a quantidade de trabalho que é possível colocar em produção simultaneamente. Da mesma forma que se agruparam equipamentos para o cálculo das cargas vão agora ser determinadas as capacidades. A capacidade produtiva da empresa é calculada somando a capacidade produtiva de cada equipamento, grupo a grupo até obter, no final, a capacidade produtiva de cada secção. O Anexo B contém as tabelas de *Excel* que contribuíram para o cálculo da Capacidade Instalada na empresa e da Capacidade Disponível.

Nas tabelas apresentadas no Anexo B podem ser observadas as características de cada equipamento relativamente a:

- Designação de cada equipamento, designação interna e designação de origem;
- Grupo a que pertencem, conforme as características já mencionadas, limitações de curso, operações destino, componentes a maquinar;
- Indicação de possibilidade de armazenamento e troca de ferramenta;
- Indicação de possibilidade de abastecimento de componente a maquinar de forma automática;
- Horário diário de funcionamento;
- Número de operadores para cada equipamento;
- Capacidade (em horas) de cada equipamento, diária, semanal e anual.

A determinação da capacidade instalada foi feita com base em alguns pressupostos teóricos que na prática não acontecem na empresa. O trabalho é contínuo, ou seja, a empresa trabalha 24h por dia, 7 dias por semana e 52 semanas no ano. Esta contabilização pode ser útil em picos de trabalho permitindo conhecer qual o limite máximo que se pode atingir, num dia ou numa semana. O reajuste de capacidade pode ser feito ao contratar pessoas externas para trabalhar em equipamentos com grande dependência do operador, contudo, se não houver equipamentos ou, se se exceder a capacidade instalada, é necessário subcontratar no exterior. A capacidade instalada é o limite máximo de produção da empresa. A primeira tabela do Anexo B evidencia todos estes pressupostos.

A capacidade disponível foi determinada tendo em consideração as relações entre equipamentos e as condições referidas no parágrafo anterior. A maior parte dos equipamentos funciona 16 horas por dia. Os que funcionam 24 horas possuem abastecimento automático ou têm operador durante o 3º turno. Todos os equipamentos trabalham 5 dias por semana por razões de reserva de segurança, aplica-se esse horário também aos equipamentos com grande grau de autonomia. Apenas os equipamentos grandes necessitam de operador no 3º turno devido a maquinarem componentes de grandes dimensões e executarem operações mais demoradas. A maior parte destes equipamentos são antigos, sobretudo os que executam operações de desbaste, e não possuem troca de ferramenta automática tendo elevada dependência do operador.

As ferramenteiras, os tornos convencionais e as retificadoras também possuem elevada dependência do operador. Por esta razão alguns destes equipamentos trabalham apenas 8 h por dia.

Alguns equipamentos trabalham 24 horas por dia mas só têm operadores durante 16 horas. Normalmente são equipamentos que executam operações de longa duração como por exemplo acabamentos e reduções de raios, e que possuem troca automática de ferramentas, podendo funcionar sem intervenção do operador mais de 48 horas. Os equipamentos cujo

abastecimento é feito em paletes para se tentar reduzir o impacto do tempo de *setup* no tempo total de operação, também permitem alguma independência face ao operador.

No Anexo B não é evidente que um operador pode estar responsável por mais do que uma máquina durante o seu turno. Esta situação ocorre em equipamentos com tempos de operação longos, podendo um operado ser responsável por abastecer 3 máquinas. Nestes casos pode acontecer que 2 ou 3 máquinas parem em simultâneo sem que o operador consiga interferir. A consequência dessa paragem simultânea é o aumento do tempo de *setup* da segunda e da terceira máquinas a colocar em funcionamento.

A Tabela 2 evidencia as capacidades disponíveis por secção, e foi elaborada com base na tabela de *Excel* da capacidade instalada do Anexo B. Os critérios para agrupamento dos grupos de equipamentos foram os mesmos que os usados no cálculo das cargas produtivas para facilitar a análise simultânea.

Tabela 2- Capacidade semanal por secção

<i>Secção</i>	<i>Capacidade Semanal (horas)</i>	<i>Capacidade Semanal (a 80%) (horas)</i>
DT	840	672
PT	400	320
Maquinação Grande	974	779
Maquinação Média	608	486
Maquinação Pequena	144	115
Eléktrods	224	179
Erosão	656	525
Furação	280	224
Máq. Convencionais	400	320
Bancada	1840	1472
Polimento	320	256

Na segunda coluna da Tabela 2 foi calculada a capacidade disponível por secção, que corresponde à soma das capacidades dos grupos de equipamentos que a ela estão associados.

Na terceira coluna da Tabela 2 foi calculada, a capacidade disponível afetada de uma diminuição de 20%. Esta diminuição pretende ser uma reserva de capacidade produtiva para perdas diárias podem ser:

- Paragens dos operadores para irem ao WC;
- Falhas de equipamentos;
- Falhas do sistema de informação ou transferências de dados;
- Variações de produtividade diária dos operadores, influência do fator humano;
- Absentismo dos colaboradores;

- Falhas de abastecimento energético;
- Realização de trabalhos que não acrescentam valor.

Da mesma forma que se obteve o gráfico de cargas planeadas, é obtido o gráfico de capacidades disponíveis ao longo do tempo num horizonte temporal a definir pelo utilizador desde que existam dados. Na Figura 12 pode ver-se a capacidade disponível para a secção de Fresagem Média ao longo das semanas, onde estão refletidos feriados e férias programadas em 2016.

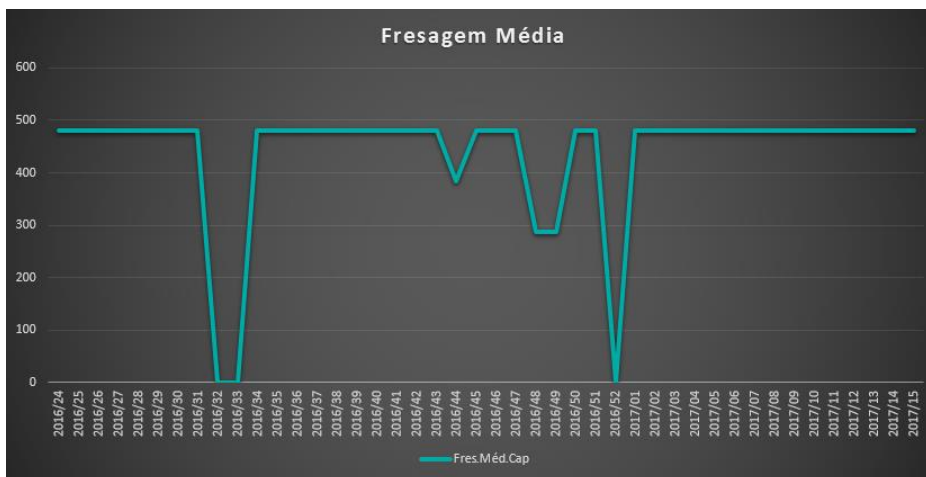


Figura 12 - Capacidade Disponível (Fresagem Média)

A primeira parte do método fica concluída sobrepondo os gráficos apresentados nas Figuras 11 e 12, sendo obtido o gráfico da Figura 13. Nesta figura é possível verificar que existem semanas onde a carga necessária está acima da capacidade disponível, permitindo um planeamento avançado de situações de falta de capacidade. Neste tipo de situação, uma decisão possível poderia passar pela subcontratação de algumas operações de fabrico.

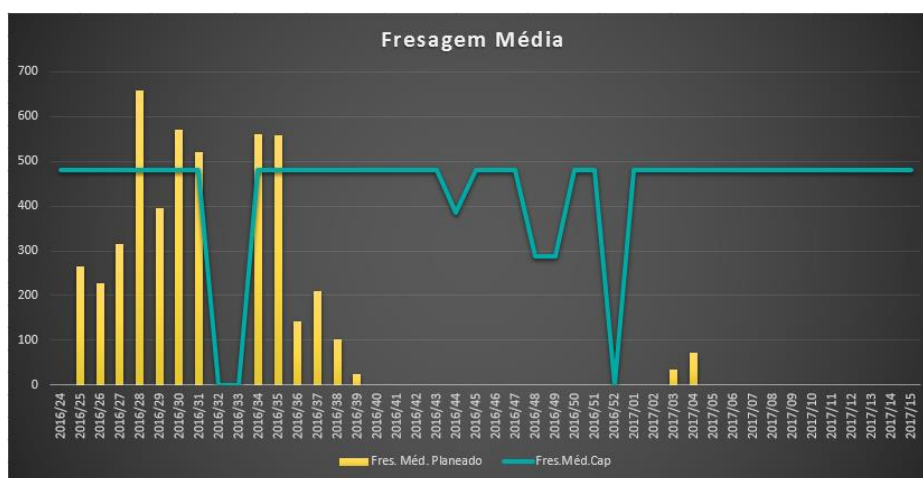


Figura 13- Gráfico de Carga vs Capacidade (Fresagem Média)

Com o auxílio da ferramenta informática que foi desenvolvida com base na metodologia aplicada na presente dissertação, a Simoldes Aços pode agora, na fase de adjudicação de novos moldes, conhecer o estado atual de cargas face à capacidade disponível e, quando é identificada uma sobrecarga, pode reagir antecipadamente, planeando a subcontratação,

reajustando a capacidade contratando colaboradores para 3º turno, ou considerar que os picos de carga são absorvidos pelas margens de segurança.

## 4.2 Simular Cargas através de método CPM

O método CPM é um método de planejamento tradicional que não contempla alterações ao longo do tempo, nem considera fatores externos. Uma vez que o objetivo não é planejar operações, mas simular e verificar quais as influências da adjudicação de um novo molde, este método revela-se ideal. O método CPM permite distinguir tanto as cargas a afetar nos diferentes grupos de equipamentos, como as semanas em que essas cargas vão entrar, mostrando de uma forma grosseira, o percurso dos principais componentes.

O planeamento de moldes para cálculo de cargas é efetuado através de outras metodologias e só se realiza quando a decisão de fabricação do molde já foi tomada e este foi efetivamente aceite. Este tipo de planeamento já contempla as alterações e fatores externos que intervêm diariamente no percurso do molde.

Para a elaboração e preenchimento da estrutura do CPM, foi necessário conhecer o processo. O percurso dos componentes foi traçado e, associaram-se os percursos de todos os componentes até se obter o percurso produtivo de um molde tipo tendo sido consideradas todas as operações de produção internas, ou seja, que não são subcontratadas.

Foram identificados os componentes com mais impacto no processo e os seus caminhos produtivos. Componentes como Macho, Cavidade, Postiços, Movimentos, Levantadores, Placas de Estrutura, Acessórios e Calços têm o seu próprio caminho até atingirem a fase de montagem. Na Figura 14 está representado o caminho percorrido pela cavidade desde o departamento técnico até ao primeiro ensaio.

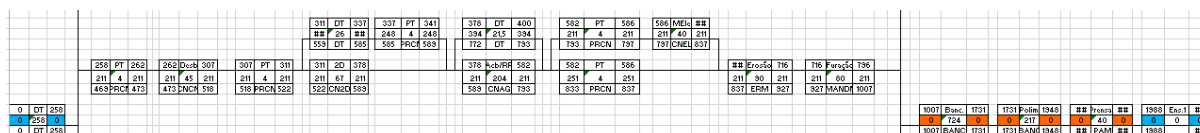


Figura 14- Representação do percurso da cavidade através do CPM

As operações pelas quais este componente passa, seguem uma ordem imposta pelo método. Contudo, a flexibilidade de reorganização não é evidenciada e a aproximação torna-se válida para o efeito pretendido.

Antes de qualquer operação de maquinação existem operações de preparação de trabalho, constituídas por operações de desbaste, seguidas de operações de acabamento e de 2D (a permuta destas 3 operações não traz consequências do ponto de vista de afetação de cargas nas secções uma vez que os equipamentos que as executam estão agrupados na mesma secção). As maquinações de eléctrodos são sempre efetuadas antes das operações de erosão, portanto não advém qualquer consequência do estabelecimento dessa precedência. As operações de furação são as mais controversas, pois as furações podem ser realizadas mesmo antes de se efetuarem os desbastes. Essa não é a estratégia que a empresa utiliza atualmente e, por esse motivo, não foi considerada.

As precedências entre operações estabelecidas neste estão alinhadas com as estratégias de maquinação adotadas na empresa. No Anexo C está, documentada toda a estrutura e a relação de precedências estabelecidas para a execução total do molde. As maquinações de componentes em paralelo terminam quando todas e têm de estar executadas para se poderem montar os componentes todos de um molde.

Cada uma das operações incluídas no CPM é representada por um retângulo com 9 células tal como representado na Figura 15.

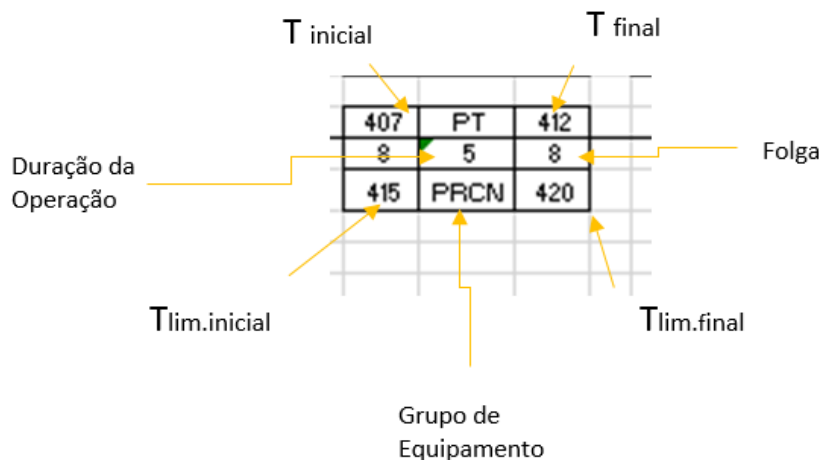


Figura 15- Célula de CPM

Onde,

T inicial – tempo decorrido desde o início do processo até ao início da operação- a operação deve iniciar-se após esse instante;

T final – tempo decorrido desde o início do processo até ao final da operação;

T lim. Inicial – tempo máximo que pode decorrer desde o início do processo até ao início da operação- se a operação não se iniciar neste instante ou num instante anterior há um atraso no início da operação;

T lim. Final – tempo máximo que pode decorrer desde o início do processo até ao final da operação- um atraso compromete a entrega do produto final;

Folga – diferença de tempo entre T e T lim.- a diferença respeitante ao início designa-se por folga livre e a diferença respeitante ao final chama-se folga total;

Duração da Operação – intervalo de tempo que uma operação leva para se realizar:

Grupo de equipamento – grupo de equipamentos onde as operações das células se realizam.

Todas as operações devem ter todas as células preenchidas, caso contrário, significa que a operação não foi orçamentada para o molde que se pretende simular. O Anexo D contém uma tabela cujo conteúdo sai automaticamente da base de dados da orçamentação, podendo ser verificado que cada linha tem 3 células que servem identificação à proposta a orçar como ilustrado na Figura 16, e que constituem parte dos dados de entrada. Os restantes dados que aparecem na Figura 16 são preenchidos automaticamente de acordo com o estado da proposta.

Nº Proposta:	563
Ano:	2016
Nº linha:	4
Empresa:	
Molde:	
Planeado:	NOK

Figura 16 - Dados de entrada para identificação da proposta

As outras quatro colunas que aparecem na tabela do Anexo D, combinadas entre si identificam os componentes e as operações atribuídas a cada componente. Nas restantes duas colunas é atribuído o grupo de equipamento a cada operação e a duração de operação proposta. Com recurso a fórmulas do *Excel* foi possível preencher automaticamente cada célula no CPM.

Até agora o método foi tratado como variações temporais, motivo pelo qual se atribuíram variações temporais e não datas, porque sem elas podemos localizar o início ou o fim das operações, nas datas que se pretendem testar. Quando o cliente não impõe data de primeiro ensaio, a data que é automaticamente atribuída é a primeira data em que a disponibilidade do equipamento que realiza a primeira operação no molde é suficiente para executar a operação. Caso o cliente imponha uma data de primeiro ensaio, o CPM permite calcular todas as datas anteriores inclusive a data em que se deve iniciar a primeira operação. A Figura 17, mostra a permissão de preenchimento de datas como dados de entrada para o cálculo das restantes. Se o cliente impuser a data de 1ºEnsaio preenchendo a célula verde escura é devolvida automaticamente a célula que contém a data de início, que na Figura 17 se encontra à esquerda da data de primeiro Ensaio. Por outro lado, se não se preencher a data acordada para o 1ºEnsaio, ela é devolvida após a introdução da data de início, considerando o caminho crítico do molde.

Data Início		Ensaio 1	07-03-2017
		Ensaio 2	27-03-2017
Data Início	23-11-2016	Data 1º Ensaio	20-03-2017
	48		12

Figura 17 - Dados de entrada Simulador (Determinação de Datas)

As restantes datas para determinação da data de início e de fim de operação, são determinadas separando os percursos dos diferentes componentes. O Anexo E contém as tabelas de suporte à determinação das datas para todas as operações orçamentadas. Assim é possível situar a afetação das cargas ao longo do tempo. Neste caso foram usadas semanas uma vez que toda a análise está a ser feita em semanas.

Uma vez distribuídas no tempo, as cargas obtidas para a simulação de afetação de capacidades são adicionadas às já existentes, que são provocadas pelos moldes em produção e com planeamento. A Figura 18, representa o gráfico final obtido através do simulador de capacidades.

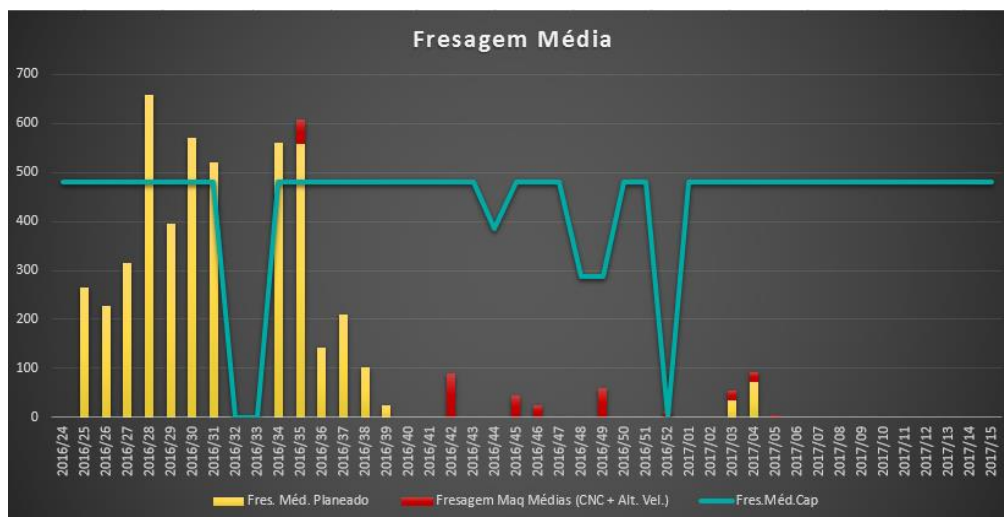


Figura 18- Capacidade vs (Carga + Carga Simulação)

Alguns aspetos relacionados com este simulador devem ser explicitados:

- Recurso a linguagem SQL -- o cruzamento de dados das bases de dados da empresa com o simulador de cargas foi efetuado recorrendo a linguagem SQL, nomeadamente no que diz respeito a filtros automáticos aplicados em tabelas gerais para se obter apenas os dados pretendidos. É exemplo a identificação da proposta com 3 células, que na verdade corresponde à aplicação de filtros automáticos.
- Dados de planeamento e atualização de cargas -- à medida que o tempo vai decorrendo há operações que vão ficando atrasadas e outras que vão sendo concluídas. A forma de atualização deve ser manual, através do fecho de operações planeadas no ERP. Todas as operações planeadas que não tenham sido dadas como concluídas até à semana atual cuja data limite de execução já tenha passado, acumulam-se na semana atual. Este último ponto foi um pedido da direção industrial da empresa.
- Afetação de cargas -- as cargas só afetam os grupos de equipamentos a partir da data limite inicial, por se pretender encomendar as matérias-primas o mais tarde possível.
- Foi também necessário usar linguagem VBA (*Visual Basic for Applications*) uma vez que o preenchimento e memorização de cargas simuladas nas tabelas que deram origem aos gráficos, não seriam possíveis com preenchimento manual.

Todas as secções de produção apresentadas na Tabela 1, possuem um gráfico como da Figura 18. As escalas dos gráficos são automaticamente ajustadas, ou seja, variam conforme as discrepâncias de valores entre cargas. No Anexo F é apresentada a folha de rosto do simulador, para todas as secções de produção.

O fluxograma da Figura 19, é uma representação esquemática da ligação que foi feita entre cargas, capacidades e novos moldes simulados.



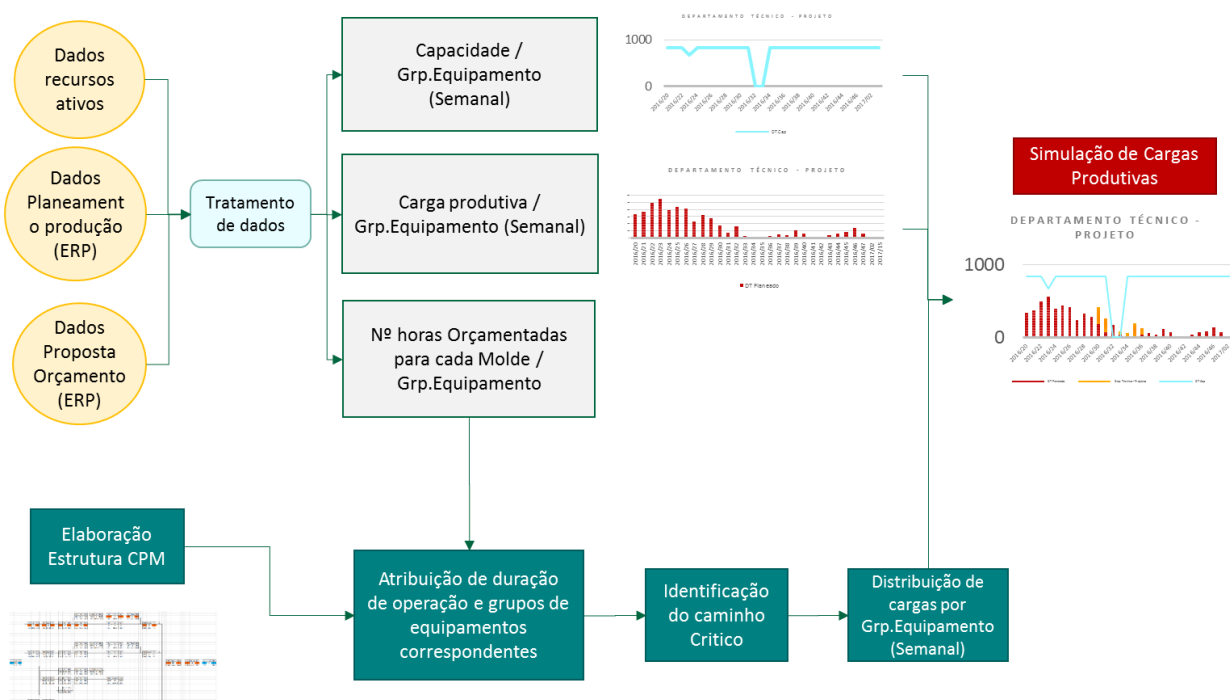


Figura 19- Fluxograma Resumo do funcionamento do simulador de capacidades

### 4.3 Limitações

O processo desenvolvido possui algumas limitações que foram identificadas no decorrer dos testes efetuados à ferramenta:

- **Reservar disponibilidade de um grupo de equipamentos e não de um equipamento** pode conduzir a uma interpretação errada, ou seja, pode querer reservar-se 10h de um equipamento e fazê-lo para o grupo de equipamentos onde está inserido. Na realidade, pode acontecer que essas 10h estejam disponíveis no grupo não no equipamento que se pretende.
- **O tempo previsto para uma operação pode não ter sido o tempo de execução.** Este tipo de controlo não está a ser efetuado atualmente. Neste caso pode-se estar a cometer um erro ao reservar mais horas do que se necessitaria para realizar uma operação. Por outro lado, também se pode estar a reservar menos horas do que se precisa realmente para a execução dessa operação.
- **Parte-se do princípio que a partir da data em que se inicia o fabrico de um molde o componente do caminho crítico está constantemente a sofrer operações de transformação que lhe acrescentam valor:** Durante o tempo de funcionamento da empresa, este componente está sempre a ser maquinado ou estão sempre a ser realizadas operações que acrescentam valor a este componente não havendo tempos de paragem entre operações.
- **Normalmente um cliente pretende negociar uma data de entrega de um projeto,** o que significa na maior parte dos casos que um projeto tem vários moldes. O simulador desenvolvido permite estabelecer uma data de entrega para um molde. Quando se verifica que um molde pode respeitar um prazo não significa que esta situação seja aplicável a todo o projeto. Não é possível efetuar simulações "multi-moldes", sendo possível simular um de cada vez.

- **Atualização manual do estado do molde:** as atualizações do estado do molde têm que ser feitas manualmente. Neste tipo de indústria a introdução de dados em meios informáticos torna-se complicada de implementar uma vez que é um trabalho que não acrescenta valor ao molde. Por este motivo, a resistência, por parte dos operadores e das chefias ganha suporte e dificulta a implementação de ferramentas como esta.

## 5 Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

O presente projeto surgiu da necessidade de desenvolver uma metodologia que permitisse à Simoldes Aços estabelecer, de uma forma planeada e na fase inicial das negociações com os clientes, prazos exequíveis. Inúmeros autores reconhecem a dificuldade de estabelecer datas de entrega fiáveis não descurando a sua importância. Esta necessidade é uma constante no dia a dia das empresas.

O impacto causado num cliente pelo não cumprimento de um prazo não tem um custo direto associado, mas tem um custo indireto associado à perda de competitividade de mercado a longo prazo. É necessário conhecer e apurar as causas do incumprimento, que podem ser devidas a uma escolha inadequada do método utilizado ao estabelecer ou negociar um prazo. Podem também ser devidas à falta de planeamento de capacidades produtivas ou ao incumprimento do planeamento de produção.

Uma empresa que não conhece as suas limitações de capacidade ou os picos de trabalho ao longo do ano, não consegue reconhecer se subcontrata por desorganização e incumprimento ou por excesso de trabalho face aos recursos disponibilizados. No caso de indústrias em que a ordem de chegada das encomendas é aleatória e os produtos são feitos à medida dos clientes torna-se difícil gerir e planear a disponibilidade dos equipamentos necessários para produção.

No início do projeto o planeamento da produção encontrava-se ainda numa fase de pouca maturidade dentro da empresa, sendo maioritariamente efetuado com base em perceções por parte das pessoas que o realizavam. Conceitos como lançamento de ordens de fabrico e sistemas de prioridades de lançamento de ordens de fabrico não eram abordados. Portanto quando um molde era lançado para a produção existia alguma noção de qual era a peça que percorria o caminho mais longo, mas nenhuma certeza. Quando entravam pedidos de alterações a executar no molde que implicavam alterações de prazos, os reajustes de capacidades e de planeamento por vezes não eram efetuados, conduzindo a acumulações de horas de atraso que não eram reais.

A metodologia desenvolvida sob a forma de uma ferramenta de apoio à tomada de decisão, permite definir datas e prazos relevantes para o projeto tendo em conta as cargas planeadas para os diversos recursos e identifica necessidades de reajuste de capacidades ou de realocação de recursos e subcontratação.

A metodologia de planeamento de capacidades recorre na generalidade a métodos complexos, com um grande número de variáveis

No presente projeto, o planeamento de capacidades é independente do planeamento dos moldes, uma vez que nesta fase ainda não existe planeamento do molde que se pretende adjudicar. Contudo, o planeamento de capacidades depende do planeamento de todos os produtos já adjudicados na medida em que é este último que fornece a carga atual da empresa. O planeamento do molde não tem que respeitar a simulação feita inicialmente com o objetivo

de estudar a influência na capacidade de produção. Contudo as diferenças entre as cargas simuladas e as cargas planeadas devem ser coincidentes, embora, por vezes existam alterações no que diz respeito ao espaço temporal onde ficam colocadas.

Após o teste da ferramenta desenvolvida foi possível, visualizar as cargas com grande correspondência à realidade. As cargas são atualizadas de uma forma automática sempre que o planeamento fecha uma operação. O presente projeto ajuda a direção a solicitar a atualização de dados às equipas, às quais compete executar esta tarefa.

As datas de primeiro ensaio são obtidas automaticamente quando o programa termina o preenchimento do CPM, tendo em consideração o caminho crítico do molde, quando uma data não é imposta pelo cliente. De forma análoga quando o cliente impõe uma data de entrega para um determinado molde, o programa permite obter a data limite em que se deve iniciar a primeira operação.

As simulações de cargas provocadas pela aceitação de novos moldes, permitem identificar em que semanas, vão existir sobrecargas, aparecendo no gráfico correspondente barras verticais excedendo a disponibilidade total da fábrica. Uma nova carga, ou uma carga de um molde ainda não aceite, aparece no gráfico com uma cor diferente, o que permite identificar se a sobrecarga é consequência dos trabalhos já aceites ou dos trabalhos que se estão a testar.

As simulações de carga ficam gravadas temporariamente na carga da empresa quando um molde é aceite até que as equipas de planeamento executem o planeamento real. Uma vez planeado um molde que foi simulado, a sua carga simulada desaparece e toma o seu lugar a carga provocada pelo planeamento realizado tendo em conta mais dados do que os que se possuía na fase de orçamentação. Desta forma consegue-se ir aproximando cada vez mais a carga da ferramenta à carga real da empresa.

No final de cada simulação, o utilizador da ferramenta pode tomar decisões: pode decidir se vai aceitar um projeto e prever reajustes de capacidade ou pode decidir subcontratar ou se vai rejeitar um projeto.

O reajuste de capacidades pode ser feito através do pedido aos colaboradores para trabalharem horas extraordinárias. Quando essa medida por si só não é suficiente, pode-se recorrer à contratação de colaboradores temporários e em alturas de grandes sobrecargas, a solução pode passar por subcontratar operações, sejam elas maquinaria, furação ou montagem de molde a uma empresa externa. Com a ferramenta que foi desenvolvida no âmbito do projeto descrito neste relatório de dissertação, todas estas decisões podem agora ser tomadas numa fase de planeamento avançado.

Uma das propostas futuras que se pode fazer neste projeto, é a integração da metodologia desenvolvida no ERP da empresa. A sua integração poderia permitir a simulação simultânea de vários candidatos a moldes do mesmo projeto. Não é possível realizar esta operação no *Excel* uma vez que o programa ficaria demasiado pesado para uma ferramenta como esta. Outra vantagem desta integração está diretamente relacionada com a sua extensão a outras empresas do grupo que enfrentam diariamente as mesmas dificuldades. Além disso, uma vez que a nível de mercado o grupo procura projetos para o grupo e não para cada uma das empresas seria interessante que se pudesse obter a capacidade produtiva do grupo para auxiliar a negociação de um novo projeto com grandes dimensões e assim satisfazer não o departamento industrial bem como o departamento comercial.

Outra proposta está relacionada com um estudo para avaliar o impacto que um sistema do tipo RFID para localização dos componentes e descrição do estado, ou para a validação do impacto que a integração de um software capaz de ler o programa que uma máquina ou equipamento executa. Qualquer um dos anteriores mencionados seriam boas apostas se pudessem automaticamente preencher o estado da peça e libertar espaço para admissão de

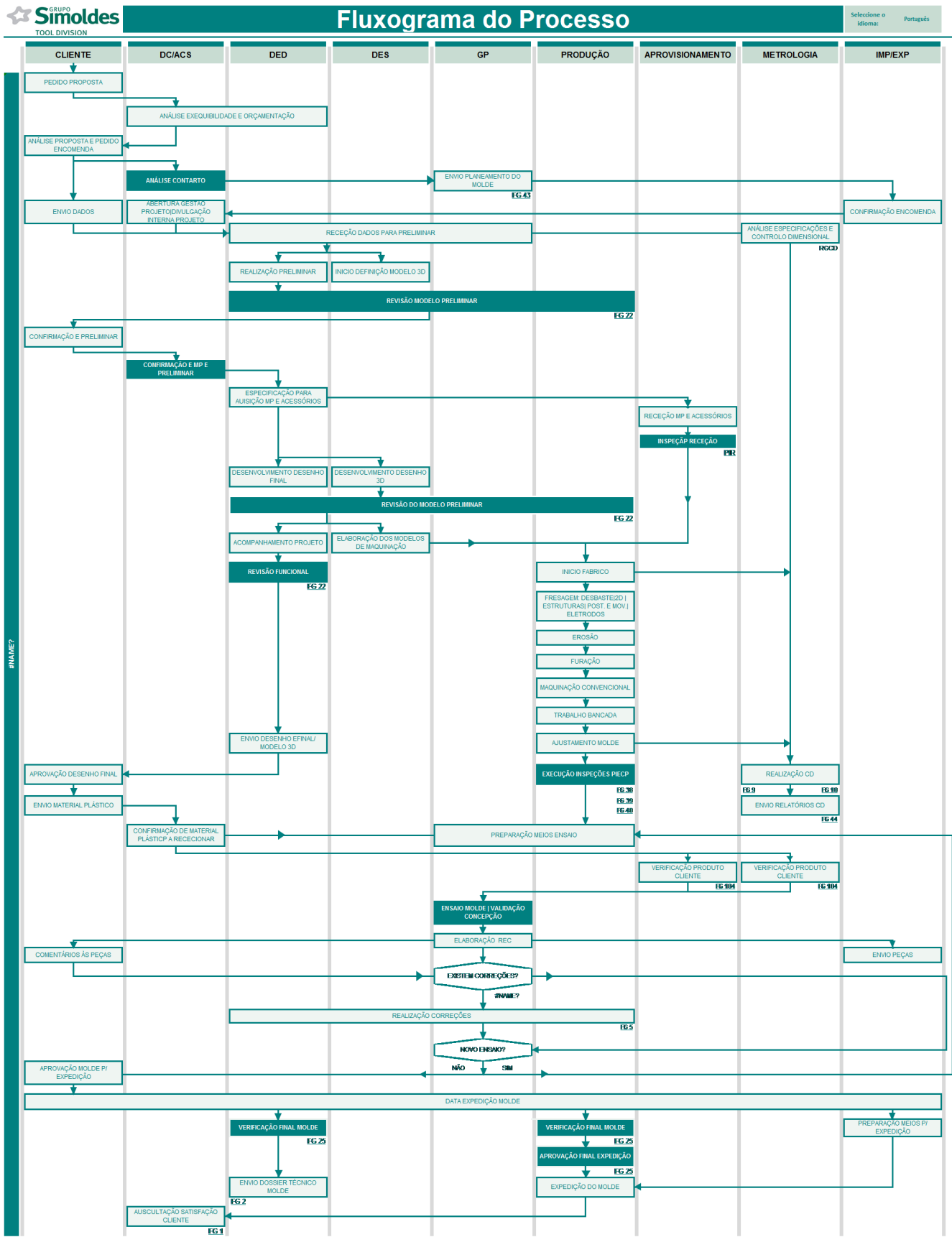
novos trabalhos nesse equipamento ao mesmo tempo que desempenhassem a função de atualização automática do planeamento de produção, sem que fosse necessário preenche-lo manualmente.

Em indústrias de produção de moldes, o foco sempre foi muito mais virado para a procura de novas ferramentas de manufatura e equipamentos que permitissem a execução de moldes com melhor qualidade técnica, mais complexidade, no menor tempo possível e com o menor desperdício possível. Atualmente já se procuram outras ferramentas que permitem a gestão de produção e de informação de uma forma mais facilitada e intuitiva para o utilizador. O desenvolvimento de ferramentas de apoio à tomada de decisão é novo e surge, neste caso, como consequência do crescimento e aumento de volume de produção, uma vez que se torna mais difícil gerir empresas de moldes cujo volume de faturação cresce de ano para ano.

## Referências

- Alfieri, A. 2007. "Due date quoting and scheduling interaction in production lines." *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 20:6:579-587.
- Alzraiee, Hani, Tarek Zayed, and Osama Moselhi. 2015. "Dynamic planning of construction activities using hybrid simulation." *Automation in Construction* 49, Part B:176-192. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2014.08.011>.
- Carravilla, Maria Antónia, and José Fernando Oliveira. 2010. Planeamento e Controlo de Projetos. In *Transparências de apoio à leccionação de aulas teóricas*. FEUP.
- CHENG, T:C:E, and M:C: GUPTA. 1989. "Survey of scheduling research involving due date determination." *European Journal of Operational Research* 38:156-166.
- Corti, Donatella, Alessandro Pozzetti, and Marta Zorzini. 2006. "A capacity-driven approach to establish reliable due dates in a MTO environment." *International Journal of Production Economics* 104 (2):536-554. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2005.03.003>.
- GUPTA, T:C:E CHENG and M:C:. 1989. "Survey of scheduling research involving due date determination." *European Journal of Operational Research* 38:156-166.
- J.J. Liu , Z.A. Lin , Q.X. Chen , N. Mao & X.D. Chen. 2013. "A decision support to assign mould due date at customer enquiry stage in computer-integrated manufacturing (CIM) environments." *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 26:6:571-582.
- Leung, Y. K., K. L. Choy, and C. K. Kwong. 2010. "A real-time hybrid information-sharing and decision support system for the mould industry." *The Journal of High Technology Management Research* 21 (1):64-77. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.hitech.2010.02.008>.
- Silva, C., L. Roque, and A. Almeida. 2006. "MAPP - A web-based decision support system for the mould industry." *Decision Support Systems* 42 (2):999-1014. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dss.2005.08.001>.
- Simoldes, Grupo. Política. Tool Division.
- Zorzini, M., D. Corti, and A. Pozzetti. 2008. "Due date (DD) quotation and capacity planning in make-to-order companies: Results from an empirical analysis." *International Journal of Production Economics* 112 (2):919-933. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.08.005>.

ANEXO A: Fluxograma do Processo (adaptado, "Plano da qualidade"-GS)



## ANEXO B: Capacidade Instalada e Capacidade Disponível

Grupo Orçamentado	Máquina		Troca Automática Ferrament		Horário de Funcionamento				Capacidade Instalada (em hora)		
	Designação	Código Interno	a	Peça	08:00-17:00h	07:00-15:30	15:30-23:00	23:00-07:00	DIA	SEMANA	ANO
			Sim/Não	Sim/Não							
DT	Departamento Técnico		0	0	21	0	0	0	168	840	40320
PT	Preparação de trabalho máquinas para desbaste		0	0	0	2	2	0	32	160	7680
PT	Preparação de trabalho máquinas de alta velocidade		0	0	2	2	1	0	40	200	9600
PT	Preparação trabalho furação e placas		0	0	1	0	0	0	8	40	1920
CNCG	Rammatic 1200	CNU	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
CNCG	Rammatic 1200	CNV	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
CNCG	Rammatic 1400	CNT	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
CNCG	Rammatic 1400	CNS	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
CNCG	Rammatic 1400	CNX	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
CNCM	Rammatic 800	CNC	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
CNCM	Rammatic 800	CNW	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
CNCM	Rammatic 800	CNB	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
CNCM	Gambin 200C	CNG	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
CNCP	Miniram	CNM	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
CNCP	RU 800	CNN	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
CNCP	Versamatic 750	CNE	0	0	0	0	1	1	16	112	5824
CNCP	Versamatic 400	CNP	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
ELE	Versamatic 400	CNQ	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
CNCP	Versamatic 500	CNO	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
CNCP	Rammatic 600	CNJ	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
CNCP	Rammatic 600	CNK	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
CNCP	Rammatic 600	CNL	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
CNC2D	Rammatic 1200	CNU	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
CNC2D	Rammatic 1400	CNX	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
CNC2D	RX 1000	CNI	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
CNC2D	RX 1250	CNY	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
CNC2DE	CNC SVD 3224	HSE	1	0	0	1	1	1	24	168	8736
CNC2DE	KV0	FCG	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
CNC2DE	CNC VC3525 Trimmil	HSF	1	0	0	1	1	1	24	168	8736
CNC2DE	CNC VC2316 Trimmil	HSG	1	0	0	1	1	1	24	168	8736
CONV	KV0	FCG	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
CONV	MS 3/P	FCI	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
CONV	M3	FCJ	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
CONV	M3-P	FCH	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
ERF	ONA Prima E 500	EN	1	0	0	1	1	1	24	168	8736
ERG	ONANX8	EO	1	0	0	1	1	1	24	168	8736
ERG	ONANX8 (2011)	EQ	1	0	0	1	1	1	24	168	8736
ERM	ONANX7	EP	1	0	0	1	1	1	24	168	8736
ERP	Romboform 400	EG	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
MANDC	CNC TOS WHN 13.8	CNA	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
MANDC	IXION TLF 1004	FI	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
MANDC	IMSA 12000BLL	FM	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
MANDN	TOS W 100A	FB	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
RPEQ	Alpa RTL 1000/E	RC	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
RPLA	Favretto MD 120	RD	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
TORNO	Graziano Sag 12 N	TA	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
TORNO	Graziano Sag 14	TB	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
TORNO	Graziano Sag 22	TE	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
TORNO	Graziano Sag 210	TD	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
CNAG	Ramspeed B27L	HSA	1	0	0	1	1	1	24	168	8736
CNAG	Dpocut	HSB	1	0	0	1	1	1	24	168	8736
CNAG	VC2314 Trimmil	HSH	1	0	0	1	1	1	24	168	8736
CNAM	Depojet 1208	HSC	1	0	0	1	1	1	24	168	8736
CNAM	Depojet 1612	HSD	1	0	0	1	1	1	24	168	8736
CNAP	DMG 60EVO	HSI	1	1	0	1	1	1	24	168	8736
ELE	ZPS MCFV160T	CNZ	1	0	0	1	1	1	24	168	8736
CDIM	DEA Mistral		0	0	0	1	1	1	24	120	5760
CDIM	Stiefelmayer		0	0	0	1	1	1	24	120	5760
BANC	Bancada 1		0	0	1	7	8	0	128	640	30720
BANC	Bancada 2		0	0	0	7	6	0	104	520	24960
BANC	Bancada 3		0	0	2	7	6	0	120	600	28800
BANC	Tapar águas		0	0	2	0	0	0	16	80	3840
POLI	Polimento		0	0	4	0	0	0	32	160	7680
PAG	MILLUTENSIL MIL 263	PHC	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
PAM	MILLUTENSIL MIL 203	PNB	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
PAM	MILLUTENSIL MIL 163	PND	0	0	0	1	1	1	24	168	8736
Total:									2112	14784	709632



## Planeamento de Capacidades na Indústria de Moldes

Grupo Orçamentado	Máquina		Troca Automática Ferrament		Horário de Funcionamento				Capacidade Disponível (em horas)		
	Designação	Código Interno	a	Peça	08:00- 17:00h	07:00- 15:30	15:30- 23:00	23:00- 07:00	DIA	SEMANA	ANO
			Sim/Não	Sim/Não							
DT	Departamento Técnico		0	0	21	0	0	0	168	840	40320
PT	Preparação de trabalho máquinas para desbaste		0	0	0	2	2	0	32	160	7680
PT	Preparação de trabalho máquinas de alta velocidade		0	0	2	2	1	0	40	200	9600
PT	Preparação trabalho furação e placas		0	0	1	0	0	0	8	40	1920
CNCG	Rammatic 1200	CNU	0	0	0	1	1	1	24	120	5760
CNCG	Rammatic 1400	CNT	0	0	0	1	1	1	24	120	5760
CNCG	Rammatic 1200	CNV	0	0	0	1	1	0	16	80	3840
CNCG	Rammatic 1400	CNS	0	0	0	1	1	1	24	120	5760
CNCG	Rammatic 1400	CNX	0	0	0	1	1	0	16	80	3840
CNCM	Rammatic 800	CNC	0	0	0	1	1	0	16	80	3840
CNCM	Rammatic 800	CNW	0	0	0	1	1	0	16	80	3840
CNCM	Rammatic 800	CNB	0	0	0	1	1	0	16	80	3840
CNCM	Gambin 200C	CNG	0	0	0	1	1	0	16	80	3840
CNCP	Miniram	CNM	0	0	0	1	1	0	16	80	3840
CNCP	RU 800	CNN	0	0	0	1	1	0	16	80	3840
CNCP	Versamatic 750	CNE	0	0	0	1	0	0	8	40	1920
CNCP	Versamatic 400	CNP	0	0	0	1	1	0	16	80	3840
ELE	Versamatic 400	CNQ	0	0	0	1	1	0	16	80	3840
CNCP	Versamatic 500	CNO	0	0	0	1	1	0	16	80	3840
CNCP	Rammatic 600	CNJ	0	0	0	1	1	0	16	80	3840
CNCP	Rammatic 600	CNK	0	0	0	1	1	0	16	80	3840
CNCP	Rammatic 600	CNL	0	0	0	1	1	0	16	80	3840
CNC2D	Rammatic 1200	CNU	0	0	0	1	1	0	16	80	3840
CNC2D	Rammatic 1400	CNX	0	0	0	1	1	0	16	80	3840
CNC2D	RX 1000	CNI	0	0	0	1	1	1	24	120	5760
CNC2D	RX 1250	CNY	0	0	0	1	1	1	24	120	5760
CNC2DE	CNC SVD 3224	HSE	1	0	0	1	1	1	24	144	6912
CNC2DE	KV0	FCG	0	0	1	0	0	0	8	40	1920
CNC2DE	CNC VC3525 Trimmil	HSF	1	0	0	1	1	1	24	144	6912
CNC2DE	CNC VC2316 Trimmil	HSG	1	0	0	1	1	1	24	144	6912
CONV	KV0	FCG	0	0	1	0	0	0	8	40	1920
CONV	MS 3/P	FCI	0	0	1	0	0	0	8	40	1920
CONV	M3	FCJ	0	0	1	0	0	0	8	40	1920
CONV	M3-P	FCH	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ERF	ONAPrima E 500	EN	1	0	0	1	1	0	24	144	6912
ERG	ONANX8	EO	1	0	0	1	1	0	24	144	6912
ERG	ONANX8 (2011)	EQ	1	0	0	1	1	0	24	144	6912
ERM	ONANX7	EP	1	0	0	1	1	0	24	144	6912
ERP	Romboform 400	EG	0	0	0	1	1	0	16	80	3840
MANDC	CNC TOS WHN 13.8	CNA	0	0	0	1	1	0	16	80	3840
MANDC	IXION TLF 1004	FI	0	0	0	1	1	0	16	80	3840
MANDC	IMSA 12000BBLL	FM	0	0	0	1	1	0	16	80	3840
MANDN	TOS W 100A	FB	0	0	1	0	0	0	8	40	1920
RPEQ	Alpa RTL 1000/E	RC	0	0	1	0	0	0	8	40	1920
RPLA	Favretto MD 120	RD	0	0	1	0	0	0	8	40	1920
TORNO	Graziano Sag 12 N	TA	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TORNO	Graziano Sag 14	TB	0	0	1	0	0	0	8	40	1920
TORNO	Graziano Sag 22	TE	0	0	0	1	1	0	16	80	3840
TORNO	Graziano Sag 210	TD	0	0	0	1	1	0	16	80	3840
CNAG	Ramspeed B27L	HSA	1	0	0	1	1	1	24	144	6912
CNAG	Dpocut	HSB	1	0	0	1	1	0	24	144	6912
CNAG	VC2314 Trimmil	HSH	1	0	0	1	1	0	24	144	6912
CNAM	Depojet 1208	HSC	1	0	0	1	1	0	24	144	6912
CNAM	Depojet 1612	HSD	1	0	0	1	1	0	24	144	6912
CNAP	DMG 60 EVO	HSI	1	1	0	1	1	1	24	168	8064
ELE	ZPS MCFV160T	CNZ	1	0	0	1	1	1	24	144	6912
CDIM	DEA Mistral		0	0	1	0	0	0	8	40	1920
CDIM	Stiefelmayer		0	0	1	0	0	0	8	40	1920
BANC	Bancada 1		0	0	1	7	8	0	128	640	30720
BANC	Bancada 2		0	0	0	7	6	0	104	520	24960
BANC	Bancada 3		0	0	2	7	6	0	120	600	28800
BANC	Tapar águas		0	0	2	0	0	0	16	80	3840
POLI	Polimento		0	0	4	0	0	0	32	160	7680
PAG	MILLUTENSIL MIL 263	PHC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PAM	MILLUTENSIL MIL 203	PHB	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PAM	MILLUTENSIL MIL 163	PHD	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total:									64	448	23296

## ANEXO C: CPM

[illegible]

## ANEXO D: Exemplo de uma tabela de orçamento usada para o preenchimento do CPM

NRDOC	ANO	NRLINHA	CODOPER	CONCAT	CODGRPEQUIPAM	CODTPOPER	TEMPO
563	2016	4	BANC	PlacaBANC	BANC	014	12
563	2016	4	PRCN	PlacaPRCN	PRCN	005	3
563	2016	4	MAQ2DE	PlacaMAQ2DE	CN2DE	007	20
563	2016	4	TORNO	PlacaTORNO	TORNO	010	30
563	2016	4	CONV	PlacaCONV	CONV	010	50
563	2016	4	BANC	PlacaBANC	BANC	014	10
563	2016	4	CDIM	PlacaCDIM	CDIM	003	15
563	2016	4	PRCN	PlacaPRCN	PRCN	005	2
563	2016	4	MAQ2DE	PlacaMAQ2DE	CN2DE	007	10
563	2016	4	PROJ	CavidaPROJ	DT	001	430
563	2016	4	ACBAM	CavidaACBAM	CNAM	007	190
563	2016	4	ACBAG	CavidaACBAG	CNAG	006	14
563	2016	4	BANC	CavidaBANC	BANC	014	180
563	2016	4	PRCN	CavidaPRCN	PRCN	005	20
563	2016	4	MAQ2D	CavidaMAQ2D	CN2D	007	60
563	2016	4	MAQ2D	CavidaMAQ2D	CN2D	007	7
563	2016	4	DSBM	CavidaDSBM	CNCM	007	45
563	2016	4	POLI	CavidaPOLI	BANC	013	130
563	2016	4	MANDN	CavidaMANDN	MANDN	009	80
563	2016	4	ELECT	CavidaELECT	CNEL	011	40
563	2016	4	ERM	CavidaERM	ERM	012	90
563	2016	4	BANC	PostiBANC	BANC	014	100
563	2016	4	PRCN	PostiPRCN	PRCN	005	14
563	2016	4	ERP	PostiERP	ERP	012	0
563	2016	4	ACBCP	PostiACBCP	CNCP	008	120
563	2016	4	POLI	PostiPOLI	BANC	013	50
563	2016	4	ELECT	PostiELECT	CNEL	011	0
563	2016	4	BANC	PlacaBANC	BANC	014	15
563	2016	4	PRCN	PlacaPRCN	PRCN	005	3
563	2016	4	MAQ2DE	PlacaMAQ2DE	CN2DE	007	10
563	2016	4	BANC	CalpoBANC	BANC	014	5
563	2016	4	MAQ2DE	CalpoMAQ2DE	CN2DE	007	6
563	2016	4	RPLA	CalpoRPLA	RPLA	010	4
563	2016	4	BANC	CalpoBANC	BANC	014	5
563	2016	4	MAQ2DE	CalpoMAQ2DE	CN2DE	007	6
563	2016	4	RPLA	CalpoRPLA	RPLA	010	4
563	2016	4	BANC	PlacaBANC	BANC	014	15
563	2016	4	PRCN	PlacaPRCN	PRCN	005	3
563	2016	4	MAQ2DE	PlacaMAQ2DE	CN2DE	007	15
563	2016	4	BANC	PlacaBANC	BANC	014	15
563	2016	4	PRCN	PlacaPRCN	PRCN	005	3
563	2016	4	MAQ2D	PlacaMAQ2D	CN2D	007	10
563	2016	4	MAQ2DE	PlacaMAQ2DE	CN2DE	007	15
563	2016	4	TORNO	MovimTORNO	TORNO	010	30
563	2016	4	MAQ2D	MovimMAQ2D	CN2D	007	16
563	2016	4	PAM	MachoPAM	PAM	014	80
563	2016	4	ACBAM	MachoACBAM	CNAM	007	200
563	2016	4	ACBAG	MachoACBAG	CNAG	006	25
563	2016	4	ACBAG	MachoACBAG	CNAG	006	30
563	2016	4	ACBAG	MachoACBAG	CNAG	006	20
563	2016	4	ACBAG	MachoACBAG	CNAG	006	2
563	2016	4	ACBAG	MachoACBAG	CNAG	006	2
563	2016	4	BANC	MachoBANC	BANC	014	200
563	2016	4	PRCN	MachoPRCN	PRCN	005	30
563	2016	4	MAQ2D	MachoMAQ2D	CN2D	007	60
563	2016	4	MAQ2D	MachoMAQ2D	CN2D	007	50
563	2016	4	MAQ2D	MachoMAQ2D	CN2D	007	70
563	2016	4	MAQ2D	MachoMAQ2D	CN2D	007	40
563	2016	4	MAQ2D	MachoMAQ2D	CN2D	007	1
563	2016	4	MAQ2D	MachoMAQ2D	CN2D	007	1
563	2016	4	DSBM	MachoDSBM	CNCM	007	45
563	2016	4	POLI	MachoPOLI	BANC	013	140
563	2016	4	MANDN	MachoMANDN	MANDN	009	60
563	2016	4	ELECT	MachoELECT	CNEL	011	45
563	2016	4	ERM	MachoERM	ERM	012	80
563	2016	4	BANC	PostiBANC	BANC	014	20
563	2016	4	PRCN	PostiPRCN	PRCN	005	2
563	2016	4	ERP	PostiERP	ERP	012	30
563	2016	4	ACBCP	PostiACBCP	CNCP	008	35
563	2016	4	POLI	PostiPOLI	BANC	013	20
563	2016	4	ELECT	PostiELECT	CNEL	011	20
563	2016	4	BANC	PostiBANC	BANC	014	20
563	2016	4	PRCN	PostiPRCN	PRCN	005	2
563	2016	4	ERP	PostiERP	ERP	012	20
563	2016	4	ACBCP	PostiACBCP	CNCP	008	25
563	2016	4	POLI	PostiPOLI	BANC	013	16
563	2016	4	ELECT	PostiELECT	CNEL	011	14
563	2016	4	CONV	MovimCONV	CONV	010	90
563	2016	4	BANC	MovimBANC	BANC	014	100
563	2016	4	PRCN	MovimPRCN	PRCN	005	10
563	2016	4	ERP	MovimERP	ERP	012	15
563	2016	4	ACBCP	MovimACBCP	CNCP	008	90
563	2016	4	POLI	MovimPOLI	BANC	013	16
563	2016	4	MANDN	MovimMANDN	MANDN	009	30
563	2016	4	ELECT	MovimELECT	CNEL	011	16
563	2016	4	CONV	LevanCONV	CONV	010	100
563	2016	4	BANC	LevanBANC	BANC	014	140
563	2016	4	PRCN	LevanPRCN	PRCN	005	14
563	2016	4	ERP	LevanERP	ERP	012	0
563	2016	4	ACBCP	LevanACBCP	CNCP	008	120
563	2016	4	POLI	LevanPOLI	BANC	013	42
563	2016	4	MANDN	LevanMANDN	MANDN	009	42
563	2016	4	ELECT	LevanELECT	CNEL	011	0
563	2016	4	CONV	LevanCONV	CONV	010	50
563	2016	4	BANC	LevanBANC	BANC	014	68
563	2016	4	PRCN	LevanPRCN	PRCN	005	4
563	2016	4	ERP	LevanERP	ERP	012	12
563	2016	4	ACBCP	LevanACBCP	CNCP	008	48
563	2016	4	POLI	LevanPOLI	BANC	013	20
563	2016	4	MANDN	LevanMANDN	MANDN	009	16
563	2016	4	ELECT	LevanELECT	CNEL	011	6

## **ANEXO E: Tabelas de determinação de datas para os diferentes componentes**

Concat	Grupos de equipamentos CIM Dashboard DI	Duração Op.	Nº Horas	Diár	NºHoras Sem	Nº Dias Durac	Data Inicio	Data Lim. Inicio	Data Fim	Data Lim. fim
DTDT	Dep. Técnico - Projecto	162	16	16	80	10,125	23-11-2016 2016/47	23-11-2016 2016/47	08-12-2016 2016/49	08-12-2016 2016/49
PTPRCN	Preparação de Trabalho (Programas CNC)	6	16	16	80	0,375	08-12-2016 2016/49	08-12-2016 2016/49	09-12-2016 2016/49	09-12-2016 2016/49
DeslocNCM	Fresagem Maq Médias (CNC + Alt. Vel.)	30	16	16	80	1,875	09-12-2016 2016/49	09-12-2016 2016/49	13-12-2016 2016/50	13-12-2016 2016/50
PTPRCN	Preparação de Trabalho (Programas CNC)	6	16	16	80	0,375	13-12-2016 2016/50	13-12-2016 2016/50	14-12-2016 2016/50	14-12-2016 2016/50
2DCN2D	Fresagem Maq Grandes (CNC + Alt. Vel.)	141	16	16	80	8,8125	14-12-2016 2016/50	14-12-2016 2016/50	27-12-2016 2016/52	27-12-2016 2016/52
DTDT	Dep. Técnico - Projecto	16,2	16	16	80	1,0125	14-12-2016 2016/50	14-12-2016 2016/51	16-12-2016 2016/50	16-12-2016 2016/50
PTPRCN	Preparação de Trabalho (Programas CNC)	6	16	16	80	0,375	16-12-2016 2016/50	16-12-2016 2016/52	19-12-2016 2016/51	19-12-2016 2016/51
AcB/RRCNAG	Fresagem Maq Grandes (CNC + Alt. Vel.)	194	16	16	80	12,125	27-12-2016 2016/52	27-12-2016 2016/52	13-01-2017 2017/2	13-01-2017 2017/2
DTDT	Dep. Técnico - Projecto	13,5	16	16	80	0,84375	27-12-2016 2016/52	12-01-2017 2017/2	28-12-2016 2016/52	13-01-2017 2017/2
PTPRCN	Preparação de Trabalho (Programas CNC)	6	16	16	80	0,375	13-01-2017 2017/2	13-01-2017 2017/2	16-01-2017 2017/3	16-01-2017 2017/3
MECNCNEL	Eléctrodos	15	16	16	80	0,9375	16-01-2017 2017/3	16-01-2017 2017/3	17-01-2017 2017/3	17-01-2017 2017/3
PTPRCN	Preparação de Trabalho (Programas CNC)	6	16	16	80	0,375	13-01-2017 2017/2	16-01-2017 2017/3	16-01-2017 2017/3	16-01-2017 2017/3
ErosãoERM	Erosão	35	16	16	80	2,1875	17-01-2017 2017/3	17-01-2017 2017/3	20-01-2017 2017/3	20-01-2017 2017/3
FuraçãoMAND	Furação (Mandriladoras)	60	16	16	80	3,75	20-01-2017 2017/3	20-01-2017 2017/3	26-01-2017 2017/4	26-01-2017 2017/4
Banc.BANC	Bancada	474,4	32	160	14,825	26-01-2017 2017/4	26-01-2017 2017/4	16-02-2017 2017/7	16-02-2017 2017/7	16-02-2017 2017/7
Polim.BANC	Polimento	151	16	80	9,4375	16-02-2017 2017/7	16-02-2017 2017/7	02-03-2017 2017/9	02-03-2017 2017/9	02-03-2017 2017/9
PrensaspAM	Bancada	37,5	16	80	2,34375	02-03-2017 2017/9	02-03-2017 2017/9	07-03-2017 2017/10	07-03-2017 2017/10	07-03-2017 2017/10
Ens.10		0	16	80	0	07-03-2017 2017/10	07-03-2017 2017/10	13-03-2017 2017/11	13-03-2017 2017/11	13-03-2017 2017/11
Banc.BANC	Bancada	118,6	32	160	3,70625	07-03-2017 2017/10	07-03-2017 2017/10	22-03-2017 2017/12	22-03-2017 2017/12	22-03-2017 2017/12
Polim.BANC	Polimento	151	16	80	9,4375	13-03-2017 2017/11	13-03-2017 2017/11	30-03-2017 2017/13	30-03-2017 2017/13	30-03-2017 2017/13
PrensaspAM	Bancada	37,5	16	80	2,34375	27-03-2017 2017/13	27-03-2017 2017/13	27-03-2017 2017/13	27-03-2017 2017/13	27-03-2017 2017/13
Ens.20		0	16	80	0	27-03-2017 2017/13	27-03-2017 2017/13			
		534,7				104	104	89,00		

(MACHO)

(CAVIDADE)

Operação	Grupo Eq.	Concat	Grupos de equipamentos CM Dashboard DI	Duração Op.	Nº Horas Diária	Nº Horas Sem	Nº Dias Durac	Data Inicio	Data Lim. Inicio	Data Fin	Data Lim. fin
DT	DT	DTDT	Dep. Técnico - Projecto	162	16	80	10,125	23-11-2016 2016/47	23-11-2016 2016/47	08-12-2016 2016/49	08-12-2016 2016/49
PT	PRCN	PTPRCN	Preparação de Trabalho (Programas CNC)	4	16	80	0,25	08-12-2016 2016/49	23-12-2016 2016/51	09-12-2016 2016/49	26-12-2016 2016/52
Desb	CNCM	DesbCNCM	Fresagem Maq Médias (CNC + Alt. Vel.)	30	16	80	1,875	09-12-2016 2016/49	26-12-2016 2016/52	13-12-2016 2016/50	28-12-2016 2016/52
PT	PRCN	PTPRCN	Preparação de Trabalho (Programas CNC)	4	16	80	0,25	13-12-2016 2016/50	28-12-2016 2016/52	14-12-2016 2016/50	29-12-2016 2016/52
2D	CNZD	2DCNZD	Fresagem Maq Grandes (CNC + Alt. Vel.)	30	16	80	1,875	14-12-2016 2016/50	30-12-2016 2016/52	16-12-2016 2016/50	03-01-2017 2017/1
DT	DT	DTDT	Dep. Técnico - Projecto	16,2	16	80	1,0125	16-12-2016 2016/50	30-12-2016 2016/52	20-12-2016 2016/51	03-01-2017 2017/1
PT	PRCN	PTPRCN	Preparação de Trabalho (Programas CNC)	4	16	80	0,25	20-12-2016 2016/51	02-01-2017 2017/1	21-12-2016 2016/51	03-01-2017 2017/1
Acb/RR	CNAG	Acb/RRCNAG	Fresagem Maq Grandes (CNC + Alt. Vel.)	141	16	80	8,8125	21-12-2016 2016/51	03-01-2017 2017/1	03-01-2017 2017/1	16-01-2017 2017/3
DT	DT	DTDT	Dep. Técnico - Projecto	13,5	16	80	0,84375	21-12-2016 2016/51	13-01-2017 2017/2	22-12-2016 2016/51	16-01-2017 2017/3
PT	PRCN	PTPRCN	Preparação de Trabalho (Programas CNC)	4	16	80	0,25	03-01-2017 2017/1	16-01-2017 2017/3	04-01-2017 2017/1	17-01-2017 2017/3
MEle	CNEL	MEleCNEL	Eléctrodos	15	16	80	0,9375	04-01-2017 2017/1	17-01-2017 2017/3	05-01-2017 2017/1	18-01-2017 2017/3
PT	PRCN	PTPRCN	Preparação de Trabalho (Programas CNC)	4	16	80	0,25	03-01-2017 2017/1	17-01-2017 2017/3	04-01-2017 2017/1	18-01-2017 2017/3
Erosão	ERM	ErosãoERM	Erosão	30	16	80	1,875	05-01-2017 2017/1	18-01-2017 2017/3	09-01-2017 2017/2	20-01-2017 2017/3
Furação	MANDN	FuraçãoMANDN	Furação (Mandriladoras)	50	16	80	3,125	09-01-2017 2017/2	20-01-2017 2017/3	13-01-2017 2017/2	26-01-2017 2017/4
Banc.	BANC	Banc.BANC	Bancada	474,4	32	160	14,825	13-01-2017 2017/2	26-01-2017 2017/4	03-02-2017 2017/5	16-02-2017 2017/7
Polim.	BANC	Polim.BANC	Polimento	151	16	80	9,4375	03-02-2017 2017/5	16-02-2017 2017/7	17-02-2017 2017/7	02-03-2017 2017/9
Prensas	PAM	PrensasPAM	Bancada	37,5	16	80	2,34375	17-02-2017 2017/7	02-03-2017 2017/9	22-02-2017 2017/8	07-03-2017 2017/10
Ens. 1	0	Ens.10	0	0	16	80	0	22-02-2017 2017/8	07-03-2017 2017/10	22-02-2017 2017/8	07-03-2017 2017/10
Banc.	BANC	Banc.BANC	Bancada	118,6	32	160	3,70625	22-02-2017 2017/8	02-03-2017 2017/9	28-02-2017 2017/9	08-03-2017 2017/10
Polim.	BANC	Polim.BANC	Polimento	151	16	80	9,4375	28-02-2017 2017/9	08-03-2017 2017/10	14-03-2017 2017/11	22-03-2017 2017/12
Prensas	PAM	PrensasPAM	Bancada	37,5	16	80	2,34375	14-03-2017 2017/11	22-03-2017 2017/12	17-03-2017 2017/11	27-03-2017 2017/13
Ens. 2	0	Ens.20	0	0	16	80	0	14-03-2017 2017/11	27-03-2017 2017/13	14-03-2017 2017/11	27-03-2017 2017/13
TEMPO EXECUÇÃO				345,7				91	104		

(Postiços)

Operação	Grupo Eq.	Concat	Grupos de equipamentos CM Dashboard DI	Duração Op.	Nº Horas Diár	Nº Horas Sem	Nº Dias Duraç	Data Inicio	Data Lim. Inicio	Data Fim	Data Lim. fim
DT	DT	DTDT	Dep. Técnico - Projecto	162	16	80	10,125	23-11-2016 2016/47	23-11-2016 2016/47	08-12-2016 2016/49	08-12-2016 2016/49
PT	PRCN	PTPRCN	Preparação de Trabalho (Programas CNC)	6,4	16	80	0,4	08-12-2016 2016/49	10-01-2017 2017/2	09-12-2016 2016/49	11-01-2017 2017/2
Posti	CNCP	PostiCNCP	Fresagem Maq Pequenas (CNC + Alt. Vel.)	80	32	160	2,5	09-12-2016 2016/49	11-01-2017 2017/2	14-12-2016 2016/50	16-01-2017 2017/3
PT	PRCN	PTPRCN	Preparação de Trabalho (Programas CNC)	4,8	16	80	0,3	14-12-2016 2016/50	16-01-2017 2017/3	15-12-2016 2016/50	17-01-2017 2017/3
DT	DT	DTDT	Dep. Técnico - Projecto	16,2	16	80	1,0125	08-12-2016 2016/49	16-01-2017 2017/3	12-12-2016 2016/50	18-01-2017 2017/3
PT	PRCN	PTPRCN	Preparação de Trabalho (Programas CNC)	4,8	16	80	0,3	12-12-2016 2016/50	18-01-2017 2017/3	13-12-2016 2016/50	19-01-2017 2017/3
MEle	CNEL	MEleCNEL	Electrodos	8	16	80	0,5	13-12-2016 2016/50	19-01-2017 2017/3	14-12-2016 2016/50	20-01-2017 2017/3
Erosão	ERP	ErosãoERP	Erosão	60	16	80	3,75	14-12-2016 2016/50	20-01-2017 2017/3	20-12-2016 2016/51	26-01-2017 2017/4
Furação	MANDN	FuraçãoMANDN	Furação (Mandriladoras)	0	16	80	0	20-12-2016 2016/51	26-01-2017 2017/4	20-12-2016 2016/51	26-01-2017 2017/4
Banc.	BANC	Banc.BANC	Bancada	474,4	32	160	14,825	20-12-2016 2016/51	26-01-2017 2017/4	10-01-2017 2017/2	16-02-2017 2017/7
Polim.	BANC	Polim.BANC	Polimento	151	16	80	9,4375	10-01-2017 2017/2	16-02-2017 2017/7	24-01-2017 2017/4	02-03-2017 2017/9
Prensas	PAM	PrensasPAM	Bancada	37,5	16	80	2,34375	24-01-2017 2017/4	02-03-2017 2017/9	27-01-2017 2017/4	07-03-2017 2017/10
Ens.1		0 Ens.10		0	16	80	0	27-01-2017 2017/4	07-03-2017 2017/10	27-01-2017 2017/4	07-03-2017 2017/10
Banc.	BANC	Banc.BANC	Bancada	118,6	32	160	3,70625	27-01-2017 2017/4	07-03-2017 2017/10	02-02-2017 2017/5	13-03-2017 2017/11
Polim.	BANC	Polim.BANC	Polimento	151	16	80	9,4375	02-02-2017 2017/5	13-03-2017 2017/11	16-02-2017 2017/7	27-03-2017 2017/13
Prensas	PAM	PrensasPAM	Bancada	37,5	16	80	2,34375	16-02-2017 2017/7	10-04-1900 1900/15	21-02-2017 2017/8	13-04-1900 1900/15
Ens.2		0 Ens.20		0	16	80	0	21-02-2017 2017/8	27-03-2017 2017/13	21-02-2017 2017/8	27-03-2017 2017/13
TEMPO EXECUÇÃO				180,2				65,00	104		

Operação	Grupo Eq.	Concat	Grupos de equipamentos CM Dashboard DI	Duração Op.	Nº Horas Diári	Nº Horas Sem	Nº Dias Durac	Data Inicio	Data Lim. Inicio	Data Fim	Data Lim. fim
DT	DT	DTDT	Dep. Técnico - Projecto	162	16	80	10,125	23-11-2016 2016/47	23-11-2016 2016/47	08-12-2016 2016/49	08-12-2016 2016/49
PT	PRCN	PTPRCN	Preparação de Trabalho (Programas CNC)	16,8	16	80	1,05	08-12-2016 2016/49	23-12-2016 2016/51	12-12-2016 2016/50	27-12-2016 2016/52
Movim	CNCP	MovimCNCP	Fresagem Maq Pequenas (CNC + Alt. Vel.)	284	32	160	8,875	12-12-2016 2016/50	27-12-2016 2016/52	23-12-2016 2016/51	09-01-2017 2017/2
PT	PRCN	PTPRCN	Preparação de Trabalho (Programas CNC)	12,6	16	80	0,7875	23-12-2016 2016/51	09-01-2017 2017/2	26-12-2016 2016/52	10-01-2017 2017/2
DT	DT	DTDT	Dep. Técnico - Projecto	16,2	16	80	1,0125	08-12-2016 2016/49	02-01-2017 2017/1	12-12-2016 2016/50	04-01-2017 2017/1
PT	PRCN	PTPRCN	Preparação de Trabalho (Programas CNC)	12,6	16	80	0,7875	12-12-2016 2016/50	04-01-2017 2017/1	13-12-2016 2016/50	05-01-2017 2017/1
MEle	CNEL	MEleCNEL	Electrodos	42	16	80	2,625	13-12-2016 2016/50	05-01-2017 2017/1	16-12-2016 2016/50	10-01-2017 2017/2
Erosão	SOIç	ErosãoSOIç		72	16	80	4,5	16-12-2016 2016/50	10-01-2017 2017/2	23-12-2016 2016/51	17-01-2017 2017/3
Furação	MANDN	FuraçãoMANDN	Furação (Mandriladoras)	100	16	80	6,25	23-12-2016 2016/51	17-01-2017 2017/3	03-01-2017 2017/1	26-01-2017 2017/4
Banc.	BANC	Banc.BANC	Bancada	474,4	32	160	14,825	03-01-2017 2017/1	26-01-2017 2017/4	24-01-2017 2017/4	16-02-2017 2017/7
Polim.	BANC	Polim.BANC	Polimento	151	16	80	9,4375	24-01-2017 2017/4	16-02-2017 2017/7	07-02-2017 2017/6	02-03-2017 2017/9
Prensas	PAM	PrensasPAM	Bancada	37,5	16	80	2,34375	07-02-2017 2017/6	02-03-2017 2017/9	10-02-2017 2017/6	07-03-2017 2017/10
Ens.1		Ens.10		0	16	80	0	10-02-2017 2017/6	07-03-2017 2017/10	16-02-2017 2017/6	07-03-2017 2017/10
Banc.	BANC	Banc.BANC	Bancada	118,6	32	160	3,70625	10-02-2017 2017/6	07-03-2017 2017/10	16-02-2017 2017/7	13-03-2017 2017/11
Polim.	BANC	Polim.BANC	Polimento	151	16	80	9,4375	16-02-2017 2017/7	13-03-2017 2017/11	02-03-2017 2017/9	27-03-2017 2017/13
Prensas	PAM	PrensasPAM	Bancada	37,5	16	80	2,34375	02-03-2017 2017/9	10-04-1900 1900/15	07-03-2017 2017/10	13-04-1900 1900/15
Ens.2		Ens.20		0	16	80	0	07-03-2017 2017/10	27-03-2017 2017/13	07-03-2017 2017/10	27-03-2017 2017/13
TEMPO EXECUÇÃO				556,2				79,00	104		

(Movimentos)



Operação	Grupo Eq.	Concat	Grupos de equipamentos CM Dashboard DI	Duração Op.	Nº Horas Diária	Nº Horas Sem	Nº Dias Duraç	Data Inicio	Data Lim. Inicio	Data Fim	Data Lim. fim
DT	DT	DTDT	Dep. Técnico - Projecto	162	16	80	10,125	23-11-2016	2016/47	23-11-2016	2016/47
PT	SOrg	PTSOrg		0	16	80	0	08-12-2016	2016/49	26-01-2017	2017/4
Levan	SOrg	LevanSOrg		0	32	160	0	08-12-2016	2016/49	26-01-2017	2017/4
PT	PRCN	PTPRCN	Preparação de Trabalho (Programas CNC)	0	16	80	0	08-12-2016	2016/49	26-01-2017	2017/4
DT	DT	DTDT	Dep. Técnico - Projecto	0	16	80	0	08-12-2016	2016/49	24-01-2017	2017/4
PT	PRCN	PTPRCN	Preparação de Trabalho (Programas CNC)	16,2	16	80	1,0125	08-12-2016	2016/49	24-01-2017	2017/4
MEle	CNEL	MEleCNEL	Eléctrodos	0	16	80	0	12-12-2016	2016/50	26-01-2017	2017/4
Erosão	SOrg	ErosãoSOrg		0	16	80	0	12-12-2016	2016/50	26-01-2017	2017/4
Furação	MANDN	FuraçãoMANDN	Furação (Mandrilladoras)	0	16	80	0	12-12-2016	2016/50	26-01-2017	2017/4
Banc.	BANC	Banc.BANC	Bancada	474,4	32	160	14,825	12-12-2016	2016/50	26-01-2017	2017/4
Polim.	BANC	Polim.BANC	Polimento	151	16	80	9,4375	02-01-2017	2017/1	16-02-2017	2017/7
Prensas	PAM	PrensaspAM	Bancada	37,5	16	80	2,34375	16-01-2017	2017/3	02-03-2017	2017/9
Ens. 1	0	Ens.10		0	16	80	0	19-01-2017	2017/3	07-03-2017	2017/10
Banc.	BANC	Banc.BANC	Bancada	118,6	32	160	3,70625	19-01-2017	2017/3	02-03-2017	2017/9
Polim.	BANC	Polim.BANC	Polimento	151	16	80	9,4375	25-01-2017	2017/4	08-03-2017	2017/10
Prensas	PAM	PrensaspAM	Bancada	37,5	16	80	2,34375	08-02-2017	2017/6	22-03-2017	2017/12
Ens. 2	0	Ens.20		0	16	80	0	13-02-2017	2017/7	27-03-2017	2017/13
TEMPO EXECUÇÃO				16,2				57,00	104		

(Levantadores)

Operação	Grupo Eq.	Concat	Grupos de equipamentos CM Dashboard DI	Duração Op.	Nº Horas Di.	Nº Horas Sem.	Nº Dias Durac	Data Inicio	Data Lim. Inicio	Data Fim	Data Lim. fim
DT	DT	DTDT	Dep. Técnico - Projecto	162	16	80	10,125	23-11-2016	2016/47	23-11-2016	2016/47
PT	PRCN	PTPRCN	Preparação de Trabalho (Programas CNC)	14	16	80	0,875	08-12-2016	2016/49	11-01-2017	2017/2
Maq	CNZDE	MaqCNZDE	Fresagem Maq Grandes (CNC + Alt. Vel.)	79	16	80	4,9375	09-12-2016	2016/49	12-01-2017	2017/2
CDIM	CDIM	CDIMCDIM		7	16	80	0,4375	16-12-2016	2016/50	19-01-2017	2017/3
Banc.	BANC	Banc.BANC	Bancada	47,4	32	160	14,825	19-12-2016	2016/51	26-01-2017	2017/4
Polim.	BANC	Polim.BANC	Polimento	151	16	80	9,4375	09-01-2017	2017/2	16-02-2017	2017/7
Prensas	PAM	PrensasPAM	Bancada	37,5	16	80	2,34375	23-01-2017	2017/4	02-03-2017	2017/9
Ens. 1	0	Ens.10		0	16	80	0	26-01-2017	2017/4	07-03-2017	2017/10
Banc.	BANC	Banc.BANC	Bancada	118,6	32	160	3,70625	26-01-2017	2017/4	07-03-2017	2017/10
Polim.	BANC	Polim.BANC	Polimento	151	16	80	9,4375	01-02-2017	2017/5	13-03-2017	2017/11
Prensas	PAM	PrensasPAM	Bancada	37,5	16	80	2,34375	15-02-2017	2017/7	10-04-1900	1900/15
Ens. 2	0	Ens.20		0	16	80	0	15-02-2017	2017/7	27-03-2017	2017/13
TEMPO EXECUÇÃO				100				64	104		

(Estruturas)

Operação	Grupo Eq.	Concat	Grupos de equipamentos CM Dashboard	T Duração Op.	Nº Horas	Diária	Nº Horas	Sem.	Nº Dias	Dura	Data Inicio	Data Lim. Inicio	Data Fim	Data Lim. fim		
DT	DT	DTDT	Dep. Técnico - Projecto	162	16	16	80	10,125	23-11-2016	2016/47	23-11-2016	2016/47	04-12-2016	2016/48	08-12-2016	2016/49
Acess	CONV	AcessCONV	Maq Convencionais (Torno, Ferram, Rect)	170	16	16	80	10,625	08-12-2016	2016/49	11-01-2017	2017/2	19-12-2016	2016/51	26-01-2017	2017/4
Banc.	BANC	Banc.BANC	Bancada	474,4	32	32	160	14,825	23-12-2016	2016/51	26-01-2017	2017/4	07-01-2017	2017/1	16-02-2017	2017/7
Polim.	BANC	Polim.BANC	Polimento	151	16	16	80	9,4375	13-01-2017	2017/2	16-02-2017	2017/7	23-01-2017	2017/4	02-03-2017	2017/9
Prensas	PAM	PrensasPAM	Bancada	37,5	16	16	80	2,34375	27-01-2017	2017/4	02-03-2017	2017/9	30-01-2017	2017/5	07-03-2017	2017/10
Ens. 1	0	Ens.10		0	32	32	80	0	01-02-2017	2017/5	07-03-2017	2017/10	01-02-2017	2017/5	07-03-2017	2017/10
Banc.	BANC	Banc.BANC	Bancada	118,6	16	16	160	7,4125	01-02-2017	2017/5	24-02-2017	2017/8	13-02-2017	2017/7	08-03-2017	2017/10
Polim.	BANC	Polim.BANC	Polimento	151	16	16	80	9,4375	13-02-2017	2017/7	08-03-2017	2017/10	27-02-2017	2017/9	22-03-2017	2017/12
Prensas	PAM	PrensasPAM	Bancada	37,5	16	16	80	2,34375	27-02-2017	2017/9	22-03-2017	2017/12	02-03-2017	2017/9	27-03-2017	2017/13
Ens. 2	0	Ens.20		0	16	16	80	0	27-02-2017	2017/9	27-03-2017	2017/13	27-02-2017	2017/9	27-03-2017	2017/13
TEMPO EXECUÇÃO				170					70		104					

(Acessórios)

Operação	Grupo Eq.	Concat	Grupos de equipamentos CM Dashboard DI	Duração Op.	Nº Horas Diári	NºHoras Sem	Nº Dias Duraç	Data Inicio		Data Lim. Inicio		Data Fim		Data Lim. fim	
DT	DT	DTDT	Dep. Técnico - Projecto	162	16	80	10,125	23-11-2016	2016/47	23-11-2016	2016/47	08-12-2016	2016/49	08-12-2016	2016/49
ZDE	CNCM	ZDECNCM	Fresagem Maq Médias (CNC + Alt. Vel.)	8	16	80	0,5	08-12-2016	2016/49	24-01-2017	2017/4	09-12-2016	2016/49	25-01-2017	2017/4
Retif.	RPLA	Retif.RPLA	Maq.Convencionais (Torno,Ferram, Rect)	4	16	80	0,25	09-12-2016	2016/49	25-01-2017	2017/4	12-12-2016	2016/50	26-01-2017	2017/4
Banc.	BANC	Banc.BANC	Bancada	474,4	32	160	14,825	12-12-2016	2016/50	26-01-2017	2017/4	02-01-2017	2017/1	16-02-2017	2017/7
Polim.	BANC	Polim.BANC	Polimento	151	16	80	9,4375	02-01-2017	2017/1	16-02-2017	2017/7	16-01-2017	2017/3	02-03-2017	2017/9
Prensas	PAM	PrensasPAM	Bancada	37,5	16	80	2,34375	16-01-2017	2017/3	02-03-2017	2017/9	19-01-2017	2017/3	07-03-2017	2017/10
Ens.1		Ens.10		0	16	80	0	19-01-2017	2017/3	07-03-2017	2017/10	19-01-2017	2017/3	07-03-2017	2017/10
Banc.	Banc.	Banc.Banc.		118,6	32	160	3,70625	19-01-2017	2017/3	02-03-2017	2017/9	25-01-2017	2017/4	08-03-2017	2017/10
Polim.	Polim.	Polim.Polim.		151	16	80	9,4375	25-01-2017	2017/4	08-03-2017	2017/10	08-02-2017	2017/6	22-03-2017	2017/12
Prensas	PAM	PrensasPAM	Bancada	37,5	16	80	2,34375	08-02-2017	2017/6	22-03-2017	2017/12	13-02-2017	2017/7	27-03-2017	2017/13
Ens.2	Ens.2	Ens.2Ens.2		0	16	80	0	08-02-2017	2017/6	27-03-2017	2017/13	08-02-2017	2017/6	27-03-2017	2017/13
TEMPO EXECUÇÃO				12				57		104					

(Calços)

ANEXO F: Folha de Rosto do Simulador de Cargas

