



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Kevin Cunha Silva

Sistema de Controlo de Processo e de
Organização numa Empresa Metalomecânica

Kevin Cunha Silva Sistema de Controlo de Processo e de
Organização numa Empresa Metalomecânica

UMinho | 2015

outubro de 2015



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Kevin Cunha Silva

Sistema de Controlo de Processo e de
Organização numa Empresa Metalomecânica

Dissertação de Mestrado
Engenharia Mecatrónica
Área de Especialização de Tecnologia de Manufatura

Trabalho efectuado sob a orientação do
Professor Doutor António A. Caetano Monteiro
Sr. Paulo Ribeiro

DECLARAÇÃO

Nome: Kevin Cunha Silva

Correio electrónico: kkevin.s@hotmail.com

Tel./Tlm.: 915979406

Número do Bilhete de Identidade:14179484

Título da dissertação:

Sistema de Controlo de Processo e de Organização numa Empresa Metalomecânica

Ano de conclusão: 2015

Orientador:

António A. Caetano Monteiro

Designação do Mestrado: Mestrado em Engenharia Mecatrónica

Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao Grau de Mestre em Engenharia

Área de Especialização: CNC, CAD e CAM

Escola: Escola de Engenharia

Departamento: Departamento de Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Eletrónica

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Guimarães, 03/12/2015

Assinatura: _____

Resumo

No atual enquadramento, com os mercados debaixo de uma feroz competição, as empresas são obrigadas a estudar métodos e técnicas que permitam eliminar desperdícios, reduzir custos e tempos de produção.

O presente trabalho aborda a gestão de produção de uma pequena empresa metalomecânica. Na base do trabalho desenvolvido está a metodologia Lean, integrada no controlo e gestão da produção na empresa. Apresenta vários métodos que visam à redução de desperdícios e procura mostrar a vantagem da Engenharia Mecatrónica no ambiente industrial da metalomecânica. Apresenta as vantagens da implementação CNC e introdução de um software de CAD/CAM, para apoio à produção da empresa, utilizando as máquinas CNC.

Concluí que uma correta organização de informação é de grande importância para a gestão empresarial, e que é possível reduzir significativamente os tempos de preparação das máquinas CNC, e aumentar o rendimento de produção com a utilização de um software de CAD/CAM.

No capítulo 1 faz-se uma pequena introdução ao tema;

No capítulo 2 apresenta-se o Estado da Arte evidenciando o papel da Mecatrónica, organização e gestão empresarial e a implementação de CNC;

No capítulo 3 é feita uma apresentação e descrição da empresa;

No capítulo 4 apresentam-se as propostas de desenvolvimento;

No capítulo 5 são apresentadas as conclusões do trabalho realizado.

Palavras-Chave

Lean, Layout, Controlo oficial, Mecatrónica, CNC, CAD, CAM', Melhoria Contínua, Eliminação de Desperdício, Maquinagem.

Abstract

In the current environment with markets under a fierce competition, companies are required to study methods and techniques to eliminate waste, reduce costs and reduce the time production.

This work discusses the management production of one small metalworking company. On the basis of the work it is the Lean methodology, integrated on control and production management in the firm. It presents various methods of reducing waste and show the advantage of Mechatronics Engineering in the industrial environment in the metalworking. It presents the implementation and advantages of CNC introduction of a CAD / CAM software, to support production of the company using CNC machines.

It is concluded that a proper organization of information is of great importance for enterprise management, and it is possible to reduce significantly the setup times of CNC machines, and increase the production with the use of CAD/ CAM software.

Chapter 1 is a short introduction to the theme;

Chapter 2 presents the State of the Art which has the function of Mechatronics, organization and business management and CNC implementation;

Chapter 3 presents one description of the Company;

Chapter 4 presents the development proposals;

In Chapter 5 are presented the conclusions of the developed work.

Keywords

Lean, Layout, Shop Floor Control, Mechatronics, CNC, CAD, CAM, Continuous Improvement, Elimination, Machining.

Agradecimentos

Após um longo percurso académico até à conclusão deste trabalho, gostaria de expressar o meu profundo agradecimento a todos os que, direta ou indiretamente, me ajudaram a efetuá-lo, nomeadamente:

Ao Professor A. Caetano Monteiro pela excelente orientação, pela excelência dos conhecimentos transmitidos, pela dedicação, amizade e momentos de boa disposição.

Ao Sr. Osvaldo Santos e ao Sr. Paulo Ribeiro, bem como a toda a empresa Preserie Lda., por me terem recebido de braços abertos e me terem proporcionado condições para a execução desta Dissertação.

Aos meus pais, namorada e irmão, pelo inesgotável apoio, amor e compreensão nos momentos mais tensos.

A todos os meus colegas de turma, em especial ao Sérgio Fernandes, André Moreira e Fernando Isaac pela ajuda e motivação de trabalho.

A todos os meus amigos mais próximos que ao longo da vida me têm ajudado, fica o reconhecimento e um carinho especial pelo suporte que me têm dado.

A todos, os meus sinceros agradecimentos.

*“O que as suas mãos tiverem que fazer,
que o façam com toda a sua força,
pois na sepultura não há atividade nem planeamento,
não há conhecimento nem sabedoria.”*
Eclesiastes 9:10

Índice

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento.....	1
1.2	Objetivos	2
1.3	Estrutura da dissertação	3
2	Estado da Arte	5
2.1	Introdução da Mecatrónica.....	5
2.2	Classificação da produção	8
2.3	Modelos de organização da produção – Layouts.....	12
2.4	Organização da Produção	16
2.4.1	Estruturas organizacionais	17
2.5	Planeamento da Produção	20
2.5.1	Planeamento a Longo Prazo.....	21
2.5.2	Planeamento a Médio Prazo	23
2.5.3	Planeamento a Curto Prazo.....	25
2.5.4	Controlo oficial.....	25
2.6	Eliminação de desperdícios (filosofia Lean)	29
2.6.1	Princípios da filosofia Lean.....	30
2.6.2	Os oito desperdícios	31
2.6.3	Ferramentas Lean.....	32
2.7	Aplicativo de Gestão da Produção	33
2.8	Processo de Fabrico	35
2.8.1	Procedimentos de Produção	37
2.8.2	Limitações de produtividade	39
2.9	Implementação de CNC.....	43
2.9.1	Aspetos particulares da seleção de CNC	43
2.9.2	Seleção de máquinas CNC	45
2.9.3	CAD.....	54
2.9.4	CAM	61
3	Descrição atual da empresa	77
4	Propostas de Desenvolvimento	87
4.1	Implementação CAD/CAM	87
4.2	Departamentalização	91
4.3	Hierarquização da empresa	93

4.4	Criação de uma rede industrial	95
5	Conclusão e Sugestões para Trabalhos Futuros.....	97
	Bibliografia	101
	Anexos.....	103

Índice de Figuras

Figura 1 – Interação da mecatrónica com as diversas áreas [1]	5
Figura 2- A Mecatrónica e suas vertentes.....	6
Figura 3 – Instrumento digital com saída de dados	6
Figura 4 – Centro de maquinaria CNC	7
Figura 5 – Factores a considerar na concepção de layouts [4]	12
Figura 6 – Sistema de produção organizado por produto [3]	13
Figura 7 – Sistema de produção organizada por processos [3]	14
Figura 8 – Sistema de produção organizado por células [3]	15
Figura 9 – Organização de produção [6]	16
Figura 10 – Estrutura Simples [8]	17
Figura 11 – Estrutura funcional [8].....	18
Figura 12 – Estrutura divisional [8]	18
Figura 13 – Estrutura em rede [8]	19
Figura 14 – Níveis de planeamento e funções associadas (Adaptado de [4]).....	20
Figura 15 – Planeamento a médio prazo; abordagem das questões táticas (Adaptado de [4]).	23
Figura 16 – Diagrama de controlo oficial (Adaptado de [9]).....	26
Figura 17 – Logótipo do Software Primavera [16]	34
Figura 18 – Processos de fabrico.....	35
Figura 19 – Ilustração das variáveis anteriores [20].....	41
Figura 20 – Organigrama do processo de seleção de máquinas CNC (Adaptado de [21])	46
Figura 21 – Características de centros de maquinaria deduzidas de estatísticas (Adaptado de [21]).....	47
Figura 22 – Gastos de fabricação por peça (Adaptado de [21]).....	50
Figura 23 – Etapas do Inventor para modelação de uma peça.....	56
Figura 24 – Diversidade de formatos de leitura no Inventor	57
Figura 25 – Logotipo AutoCAD	59
Figura 26 – Logotipo Autodesk Inventor	60
Figura 27 – Excerto de programação CNC.....	64
Figura 28 – Pós-processadores do Inventor HSM	68
Figura 29 – Controlador da Fanuc Oi-MD	69
Figura 30 – Software de controlo numérico direto da RemoDNC	71
Figura 31 – Especificações de velocidades e avanços no HSM	73
Figura 32 – Imagem da Preserie Lda.	77
Figura 33 – Stock de matéria prima na Preserie	79
Figura 34 – Armazenamento das ferramentas na Preserie	80
Figura 35 – Desorganização das ferramentas, apoios e chaves de aperto na Preserie	82
Figura 36 – Operário a programar junto da fresadora CNC na Preserie	83
Figura 37 – Instrumentos de medição da Preserie	85
Figura 38 – Layout das instalações da Preserie.....	ii
Figura 39 – Formas de fresas [19]	v
Figura 40 – Ilustração das variáveis [20]	vii
Figura 41 – Ilustração da interpolação circular interna [20]	viii
Figura 42 – Ilustração da interpolação circular externa [20]	viii

Figura 43 – Ilustração das velocidades em relação ao centro da fresa [20]	ix
Figura 44 – Fresagem de rasgos [20].....	ix
Figura 45 – Fresagem lateral [20].....	ix
Figura 46- Exemplos de rede Wireless e LAN.....	viii

Índice das Tabelas

Tabela 1 – Comparação dos processos de produção [4].....	11
Tabela 2 – Consequências positivas e negativas dos layouts [4]	12
Tabela 3 – Os oito desperdícios	31
Tabela 4 – Ferramentas Lean	32
Tabela 5 – Comparação dos aplicativos de gestão de produção	33
Tabela 6 – Exemplo das características da máquina.....	40
Tabela 7 – Listagem das máquinas existentes na Preserie	81
Tabela 8 – Características das ferramentas [19].....	iv
Tabela 9 – Características das arestas da ferramenta [19].....	v
Tabela 10 – Material da ferramenta [8].....	vi

Lista de Siglas e Acrónimos

2D- Duas dimensões

3D – Três dimensões

BOM- Planning Bill of Material (Planeamento da Lista de Materiais)

CAD- Computer Aided Design (Desenho Assistido por Computador)

CAM- Computer Aided Manufacturing (Maquinagem Assistida por Computador)

CMM- Coordinate Measuring Machine (Máquina de medição por coordenadas)

CN- Comando Numérico

CNC- Comando Numérico Computadorizado

CO- Controlo Oficial

CRP- Capacity Requirements Planning (Planeamento das Necessidades de Capacidade)

FDC- Factory Data Collection (Recolha de Dados da Fábrica)

JIT- Just In Time (Produção no Tempo Exato)

MRP- Material Requirement Planning (Planeamento de Necessidades de Materiais)

PDP- Plan Directeur de Production (Plano Diretor de Produção)

SOP- Sales and Operations Planning (Plano de Venda e Operações)

TPM- Total Productive Maintenance (Manutenção Produtiva Total)

TQM- Total Quality Management (Gestão da Qualidade Total)

TPS- Total Production System (Sistema de Produção Total)

1 Introdução

1.1 Enquadramento

A atividade industrial, como na metalomecânica, compreende diversos fatores laborais que, quando conjugados entre si, aumentam o lucro, decorrente do fabrico dos produtos. Um fator importante para o sucesso a longo prazo de uma empresa é a sua eficiência na produtividade.

Uma produtividade alta significa lucros altos, logo isto é um acréscimo para a competitividade face às empresas concorrentes. Muitas empresas procuram então o aumento produtivo de maneira a reduzir os custos de produção e manter a satisfação do cliente, aumentando também a qualidade do serviço prestado.

É importante a empresa ter um conhecimento geral do todo o processo que se realiza no seu interior, e desta forma introduzir uma organização de trabalho cada vez mais completa, para que através de métodos de controlo oficial se consiga otimizar ainda mais a linha de produção, eliminando com o passar do tempo, tudo o que seja desperdícios desnecessários e que possam ser evitados. As empresas atuais têm recorrido à melhoria contínua (filosofia Lean Manufacturing¹) das linhas de produção.

A evolução dos processos de produção na área da metalomecânica chegou ao ponto, de usar uma maior automatização dos métodos de maquinagem. Utilizando programas computacionais de CAD e CAM é possível recuperar grande parte do tempo utilizado para a programação das máquinas CNC, comparado com o tempo para programação manual, ou o fabrico das peças em máquinas convencionais.

Numa altura em que o mercado se encontra fortemente competitivo, uma utilização proveitosa de um software deste tipo, pode ser uma mais valia para a empresa. Este pode ser um ponto fundamental para fazer “disparar” a produtividade de uma empresa metalomecânica.

Numa fase em que todo o mercado se encontra cada vez mais automatizado, é necessário às empresas acompanhar essa evolução, e uma maneira de se inovarem

¹ Lean Manufacturing – em português significa “Manufatura Reduzida” e é uma filosofia de gestão focada na redução de desperdícios, com o objetivo de os eliminar.

pode ser implementar cada vez mais instrumentos eletrónicos de apoio ao controlo de produção, para que assim se evitem erros ou, perdas de tempo, entre outras desvantagens. A utilização de instrumentos eletrónicos traz vantagens para o melhoramento de controlo, o melhoramento de produção entre outros aspetos que se obtêm com a introdução de componentes eletrónicos nos mercados existentes.

1.2 Objetivos

O objetivo desta dissertação é analisar todo o processo produtivo atual da empresa Preserie Lda., que trabalha na área da metalomecânica, e proceder ao estudo para a implementação de CAD/CAM num futuro próximo e de melhorias em todo o processo de produção de componentes.

A gestão de produção e controlo oficial na empresa apresenta deficiência de organização, que conduziram ao reconhecimento da necessidade de ser realizado um estudo geral sobre métodos de organização de trabalho, controlo oficial, organização e gestão da produção.

Pretende-se também que este estudo estabeleça um conjunto de propostas, que, com tempo a empresa possa implementar para se tornar mais competitiva no mercado, com uma produção mais eficiente e que evite grande parte dos gastos que não são necessários nem produzem valor nos produtos fabricados.

1.3 Estrutura da dissertação

Este trabalho divide-se em 6 capítulos, sucintamente descritos a seguir, para além das referências e dos anexos:

Capítulo 1 – Introdução: Faz uma pequena introdução ao tema, onde são expressadas algumas ideias sobre o enquadramento e os objectivos propostos para a realização deste trabalho.

Capítulo 2 – Estado da arte: Descreve-se o papel fundamental da aplicação da Engenharia Mecatrónica no tema abordado, seguido de uma pequena descrição da situação actual sobre os temas que foram abordados, nomeadamente: Gestão e Organização Empresarial, Gestão de Produção e Implementação de CNC numa empresa.

Capítulo 3 - Descrição da empresa: É feita uma pequena descrição da empresa e da sua organização. Realiza-se uma análise ao processo de fabrico, onde são detectados os principais problemas.

Capítulo 4- Propostas de desenvolvimento: Neste capítulo encontram-se apresentadas as propostas e/ou soluções para resolver ou ajudar a melhorar os problemas detetados no capítulo 4.

Capítulo 5 - Conclusão e sugestões para trabalhos futuros: Descrevem as conclusões finais do trabalho e os aspectos importantes a salientar, assim como sugestões para trabalhos futuros de maneira a dar seguimento a esta dissertação.

Referências - Contém todas as referências bibliográficas desta dissertação.

Anexos – Abarca todo o material que pode ajudar a uma melhor compreensão deste trabalho.

2 Estado da Arte

2.1 Introdução da Mecatrónica

A Mecatrónica pode ser definida como a integração das áreas de mecânica, eletrónica, computação e o controlo inteligente com vista à automatização de equipamentos e processos, isto é, a Mecatrónica visa realizar a fusão da mecânica com a eletrónica. É considerada um aspeto tecnológico de base para a iniciação aos novos e crescentes recursos da automação nos processos industriais [1].

É um ramo recente da engenharia que procura incorporar aos sistemas mecânicos os avanços proporcionados pelos circuitos eletrónicos e pela computação.

A Mecatrónica é assim o resultado de uma verdadeira fusão de tecnologias como apresentado na Figura 1. Assim, os limitadores de fim de curso são substituídos pelos sensores, tornando assim os sistemas em sistemas inteligentes, isto é, tornam-se em sistemas que fornecem informação de utilização, manutenção e gestão, precisão dimensional, modelização e controlo de produção [1].

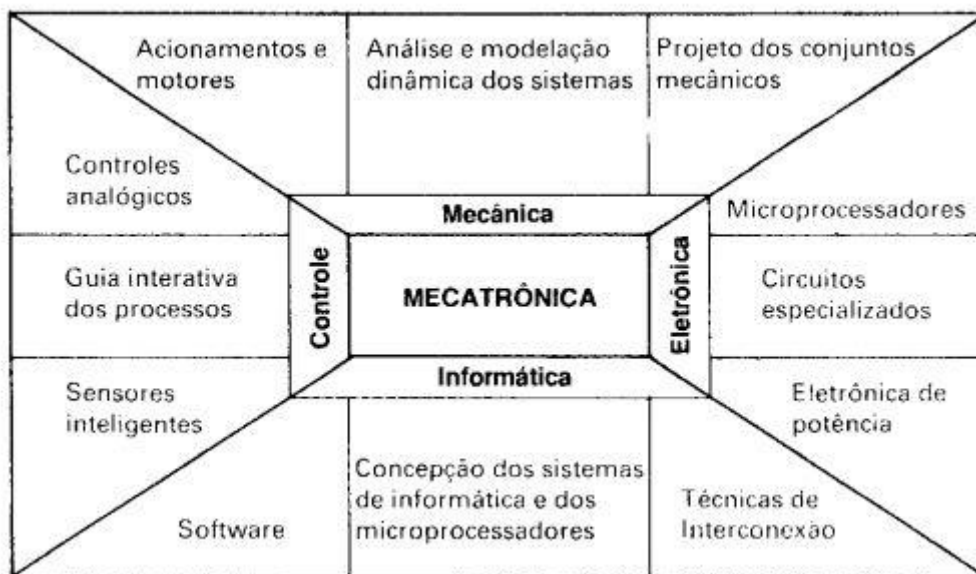


Figura 1 – Interação da mecatrónica com as diversas áreas [1]

Um sistema mecatrónico realiza aquisição de sinais, processamento digital e como saída, gera forças e movimentos. Os sistemas mecânicos são integrados com sensores, microprocessadores e controladores. O sistema pode assim, por exemplo, detetar variações paramétricas e após o processamento adequado dessa informação, reagir a essa perturbação de modo a restaurar uma situação de equilíbrio [1]. A Figura 2 exemplifica assim a interação entre os sistemas mecânicos e eletrónicos.

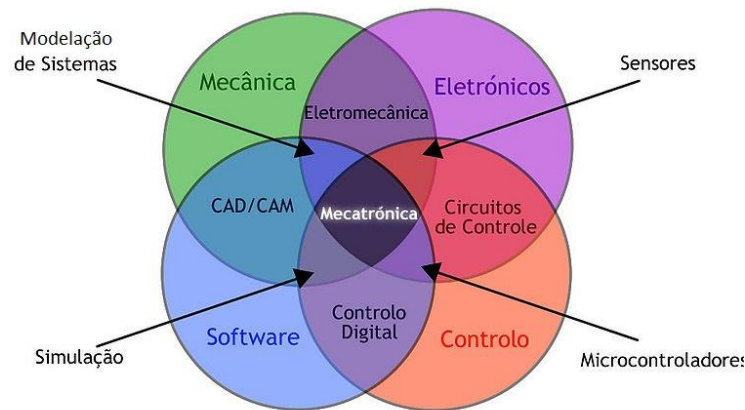


Figura 2- A Mecatrónica e suas vertentes

Mecatrónica na Indústria

No caso da aplicação da Mecatrónica na gestão e organização da produção, esta poderá estar introduzida em diversos processos, como medição, pesagem e contagem de peças. Para isso existem, por exemplo, instrumentos de medição que devem ser eletrónicos, através de saídas de dados é possível transferir as medições feitas para uma base de dados, como o exemplo do instrumento da Figura 3. Também podem existir sensores de apoio ao controlo de produção, e poderá ser utilizado o computador como centralização da informação, utilizando um ou mais softwares adequados.



Figura 3 – Instrumento digital com saída de dados

Com a evolução dos processos de organização e controlo de produção, tende a existir um aumento da automatização e com isto um aumento paralelo da componente eletrónica; logo, cada vez os processos se tornam mais mecatrónicos. O que significa tornar os processos de produção mais eficientes, económicos e com maior qualidade do produto final.

No caso da aplicação da Mecatrónica na produção é mais visível a sua implementação, desde as máquinas CNC, como o exemplo da Figura 4, a redes industriais, a modelação computacional entre outras áreas em que existe sempre essa ligação entre a vertente mecânica e eletrónica.



Figura 4 – Centro de maquinagem CNC

Na introdução de um engenheiro mecatrónico numa empresa, é uma mais valia ter os conhecimentos necessários de ambos os lados (mecânicos e eletrónicos) de maneira a facilitar a procura de informação e do estudo em si.

Áreas de aplicação da engenharia mecatrónica

Como referido anteriormente, a mecatrónica apresenta uma vasta área de aplicação, como por exemplo:

- Automação Industrial;
- Sistemas Pneumáticos e Oleo-hidráulicos;
- Sensoreamento e Atuação;
- Robótica e Sistemas Mecatrónicos;
- Modelação Computacional e Simulação;
- Instrumentação e Metrologia Dimensional.

2.2 Classificação da produção

A organização de uma empresa industrial consiste em estabelecer as relações entre pessoas e os recursos disponíveis. Com esse objetivo, cada etapa do trabalho dentro da empresa, tem de estar bem definida. O trabalho segue como uma sequência lógica de procedimentos que começa na aquisição de material e acaba no produto final.

A organização do trabalho tem como objetivo principal o aumento da produtividade. Para que esse aumento de produtividade se verifique é preciso estudar qual o método de trabalho da empresa e analisar as falhas existentes. Cada empresa deve ter um departamento responsável pelo estudo do trabalho que é constituído por um gabinete técnico que está subdividido em várias funções [1].

A classificação dos sistemas de produção não é universal; por isso, existem vários tipos de classificação que podem ser utilizados. Uma das classificações utilizadas é a de Groover, que classifica os sistemas produtivos de acordo com as quantidades produzidas. Groover, citado por [2], classifica os sistemas produtivos da seguinte forma:

Produção em oficina: produção de grande variedade de produtos em pequenas quantidades;

Produção em lotes: produção de alguma variedade de produtos em quantidades relativamente pequenas;

Produção em massa: produção de grandes quantidades de produtos, mas com pouca variedade.

Planeamento do processo produtivo – Procedimento

É importante a análise dos critérios e métodos utilizados nos processos produtivos das empresas, pois conhecer os procedimentos de funcionamento do sistema de produção é essencial para se conseguir manter dentro de um mercado globalizado e cada vez mais competitivo. Os passos que se devem seguir são [3]:

- 1-Obtenção dos dados necessários;
- 2- Análise de cada um dos componentes do produto;
- 3- Construção da folha de especificação das tarefas;
- 4- Combinação das tarefas básicas em operações de fabrico;
- 5- Determinação da sequência lógica das operações.

Classificação dos processos de produção

Muitos tipos de classificações podem ser usados nos sistemas produtivos. Na produção industrial pode-se dividir a classificação dos processos de produção em dois grupos: os processos contínuos que são os processos que mais se utilizam em produção em série, em que devido à utilização de máquinas modernizadas é possível maximizar o stock das empresas com este tipo de processo; e os processos discretos que são utilizados em empresas menores, para conseguir atender uma maior diversidade de clientes, e em que podem ser utilizadas máquinas menos modernizadas ou específicas para diversos processos. Cada tipo de processo possui as suas vantagens e desvantagens.

Os processos de produção são então divididos, segundo J.Pinto [4] em:

1- Processos contínuos

- Produtos a granel;
- Volumes elevados;
- Produtos altamente standardizados;
- Equipamentos muito pouco flexíveis.

2- Processos discretos

–Projecto

•Trabalhos não rotineiros com um conjunto específico de objectivos a concretizar num determinado horizonte temporal.

–Oficina

- Produtos personalizados;
- Grande variedade de produtos;
- Volumes reduzidos;
- Flexibilidade de equipamentos.

–Lotes

- Produtos semi-standardizados;
- Variedade moderada de produtos;
- Volumes moderados;
- Flexibilidade de equipamentos limitada.

–Repetitivo

- Produtos standardizados;
- Variedade reduzida de produtos;
- Volumes elevados;
- Flexibilidade reduzida de equipamentos.

Todos os processos podem ser comparados entre si, como se pode ver na Tabela 1, em que se compara a variedade de tarefas que cada processo tem, a capacidade de fazer, a flexibilidade na mudança do tipo de peça ou produção, o custo unitário e o volume total de produção de cada processo.

Tabela 1 – Comparação dos processos de produção [4]

	Dimensão			
	Oficina	Lotes	Repetitivo	Contínuo
Variedade de tarefas	Muito elevada	Moderada	Baixa	Muito baixa
Flexibilidade	Muito elevada	Moderada	Baixa	Muito baixa
Custo unitário	Muito elevado	Moderado	Baixo	Muito baixo
Volume de output	Muito baixo	Baixo	Elevado	Muito elevado

2.3 Modelos de organização da produção – Layouts

A organização da produção de uma empresa pode ser seguida segundo um modelo. A conceção de um layout e as decisões que lhes estão associadas revestem-se de grande importância para as empresas. Os modelos são definidos em função da relação entre a quantidade produzida e o número de produtos diferentes. Os fatores a considerar na conceção de um layout são resumidamente apresentados na Figura 5 [4].

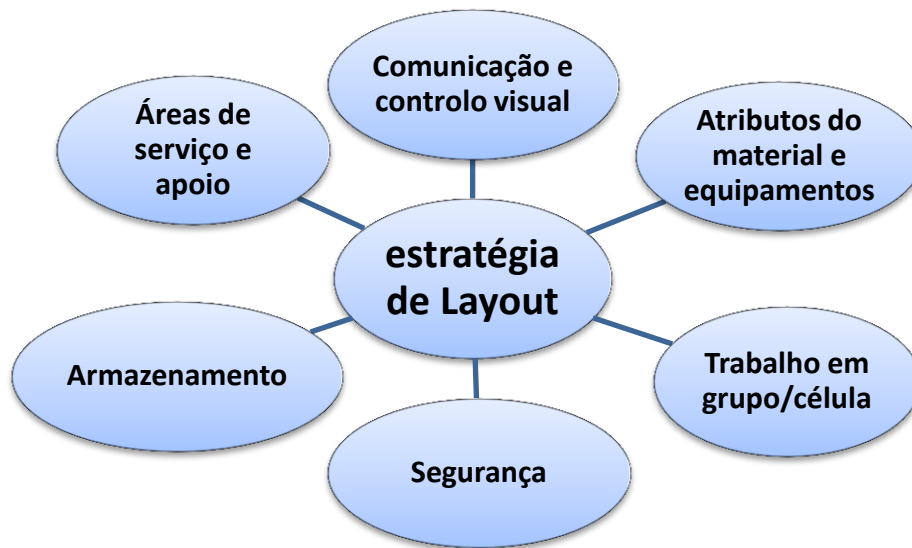


Figura 5 – Factores a considerar na concepção de layouts [4]

A implementação de um modelo de organização de produção, pode ter consequências positivas ou negativas no desempenho da empresa. Para se classificar um layout como sendo bom ou mau é preciso ter em causa alguns aspetos que podem ser apresentados como na Tabela 2.

Tabela 2 – Consequências positivas e negativas dos layouts [4]

Benefícios de um bom layout	Desvantagens de um mau layout
<ul style="list-style-type: none"> - Minimiza custos de transporte e movimentação de materiais; - Correta utilização dos espaços; - Utilização dos recursos humanos de forma eficiente; - Elimina estrangulamentos no fluxo de produção; - Reduz tempos de processos e serviços; - Facilita a movimentação dos recursos e cargas; - Elimina movimentos desnecessários. 	<ul style="list-style-type: none"> - Elevados custos de posse e movimentação - Maiores tempos de ciclo; - elevados stocks intermédios; - Pior qualidade; - Danos nos artigos e produtos; - Problemas de segurança e na moral dos colaboradores; - Baixa utilização dos espaços e equipamentos; - Zonas congestionadas e outras não.

Sistemas de produção por posição fixa

- Utilizam-se na produção de produtos de grandes dimensões, nos quais [5]:
 - a) A posição do produto está pré-determinada;
 - b) Os custos associados à movimentação do produto entre os diferentes postos de trabalho são proibitivos;
 - Os trabalhadores, equipamentos, materiais, deslocam-se para perto do produto, à medida que vão sendo necessários;
 - O lote produtivo é normalmente unitário ou produz-se apenas um produto de cada modelo (produção por projeto).

Sistemas de produção organizados por produtos

- Neste tipo de sistemas coexistem uma ou mais linhas de produção independentes, sendo os equipamentos de cada linha dedicados ao fabrico de um único componente (ou produto) ou pequenas variantes desse produto [5], como se vê na Figura 6.

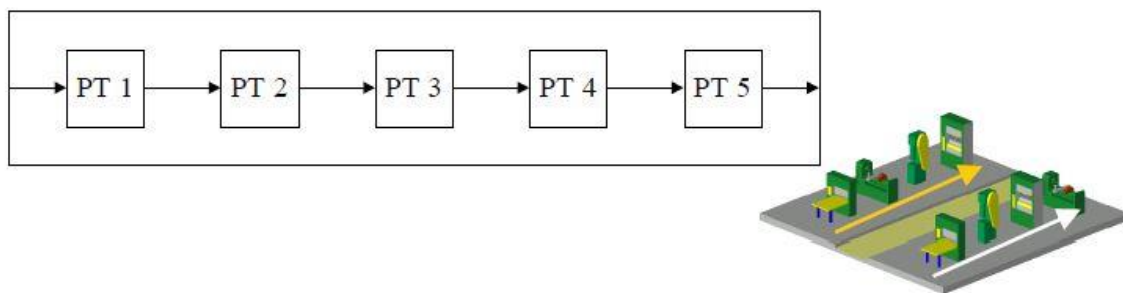


Figura 6 – Sistema de produção organizado por produto [3]

Este sistema possui as seguintes vantagens:

- ciclos de produção reduzidos;
- baixo custo de transporte de materiais;
- níveis baixos de existências em curso de fabrico;
- taxas elevadas de utilização dos recursos;
- sistema de planeamento e controlo de produção simples.

Este sistema possui as seguintes desvantagens:

- pouca flexibilidade do sistema;
- pouca motivação dos recursos humanos;
- potenciais paragens devido a avarias ou absentismo.

Sistemas de produção organizados por processos

- Neste tipo de sistemas os equipamentos são agrupados em departamentos de acordo com a sua funcionalidade. Os componentes percorrem então, segundo a respetiva sequência de operações, os diferentes departamentos para serem processados [5]. Como se vê na Figura 7.

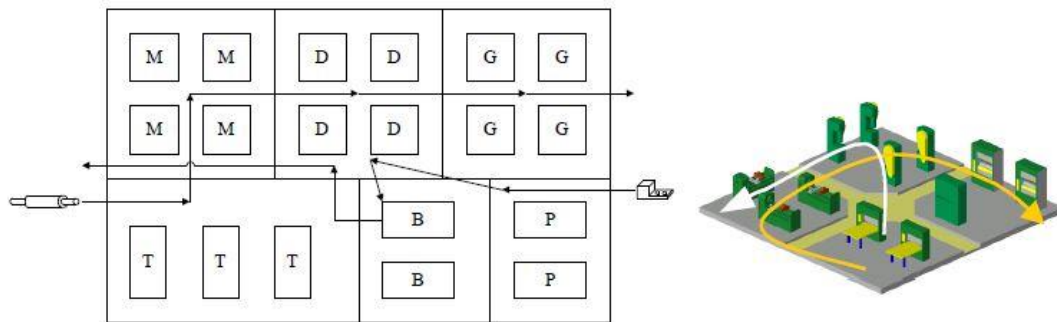


Figura 7 – Sistema de produção organizada por processos [3]

Este sistema possui as seguintes vantagens:

- elevada taxa de utilização dos equipamentos e da mão-de-obra;
- elevada flexibilidade;
- maior motivação da mão de obra.

Este sistema possui as seguintes desvantagens:

- controlo da produção difícil;
- ciclos de produção maiores do que nos sistemas organizados por produto;
- maiores existências em curso de fabrico do que nos sistemas organizados por produto;
- elevados custos de movimentação de materiais.

Sistemas de produção organizados por células

- Neste tipo de sistemas os equipamentos são associados de forma a que cada grupo (célula de produção) seja maioritariamente dedicado ao processamento de uma família de componentes [5], como se vê na Figura 8.

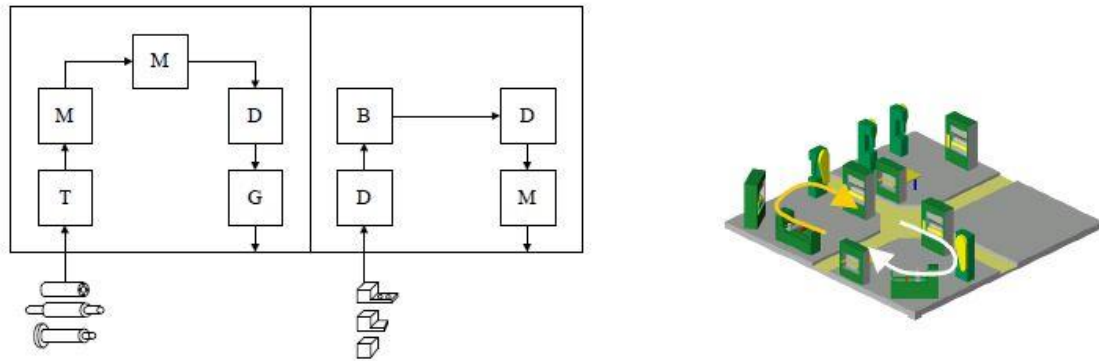


Figura 8 – Sistema de produção organizado por células [3]

- Os sistemas de produção organizados por células têm as vantagens de uma configuração por produto às quais se associam a flexibilidade e a motivação da mão de obra de um sistema organizado por processo [5].
- Facilitam a introdução de técnicas de JIT e TQM, uma vez que associa cada trabalhador a um conjunto restrito e integrado de máquinas, componentes e tarefas pelos quais assume a responsabilidade [5].

2.4 Organização da Produção

A organização da produção determina os procedimentos essenciais para o desenvolvimento de uma empresa. Estes procedimentos devem ter como finalidade o aumento de produtividade, de qualidade e a diminuição de custos. As empresas são normalmente organizadas de acordo com o esquema da Figura 9 [6].



Figura 9 – Organização de produção [6]

Nas empresas todos os objetivos devem ser planeados pela administração, e depois ser transmitidos para os devidos colaboradores. A informação e os objetivos são normalmente transmitidos para os respetivos departamentos, que são formados por pessoas que desempenham funções semelhantes ou atividades principais em unidades de gestão e organização da produção.

As empresas estão normalmente divididas por departamentos, com o intuito de agrupar funções similares, separar funções para evitar conflitos de interesses e ter um melhor controlo das funções que são semelhantes. Os departamentos podem ser divididos segundo as funções, o produto, o cliente ou a área geográfica [6].

2.4.1 Estruturas organizacionais

A organização trabalha de forma a tornar as pessoas mais produtivas quando trabalham em conjunto. As estruturas organizacionais são adequadas para as condições e épocas nas quais se ajustam. Em qualquer organização, é necessária uma série de estruturas organizacionais [7]. Uma empresa pode ser estruturada de diferentes formas em função da sua dimensão. As estruturas de organização variam entre empresas em função da sua capacidade produtiva e do número de trabalhadores associados [8].

Estrutura Simples

Esta estrutura, apresentada na Figura 10, é utilizada em empresas familiares e de pequena dimensão. Muitas vezes o proprietário da empresa é também trabalhador e tem uma relação direta com os funcionários [8].

Geralmente, é utilizada para iniciar pequenas empresas, porque começam com poucos trabalhadores e logo existe desde o início uma grande conexão entre o proprietário e os empregados. Enquanto existe pouca informação a circular numa empresa de pequena dimensão, esta estrutura pode funcionar, mas a longo prazo acaba por se tornar pouco rentável uma vez que toda a informação fica concentrada em apenas uma pessoa.



Figura 10 – Estrutura Simples [8]

Estrutura Funcional

São estruturas divididas por departamentos segundo critérios funcionais no primeiro nível, em que as funções principais do primeiro nível são o marketing, a produção, a comercialização e as finanças e de segundo nível é a administração.

Cada empresa adapta o seu modelo de estrutura funcional de acordo com as suas características ou necessidades, como por exemplo a da Figura 11 [7].



Figura 11 – Estrutura funcional [8]

Estruturas Divisionais

A divisionalização é a separação da estrutura funcional para divisões autónomas que passam a operar com relativa independência, como se vê na Figura 12.

Estruturas divisionais são caracterizadas pela forma de administração descentralizada. É quando a empresa decide que cada setor agirá de forma “livre”, demonstrando independência nas suas tomadas de decisão e forma de gestão [7].

Este tipo de estrutura assenta na divisão das tarefas com base na diversidade de produtos, projeto, mercados ou processos da empresa [7]. Dentro de cada divisão existem produtos e serviços que são relativamente independentes [8].



Figura 12 – Estrutura divisional [8]

Estruturas em Rede

A organização em rede é utilizada em empresas de grande dimensão que ultrapassam, em muitos casos, as fronteiras de um país. Este tipo de empresas é constituído por uma série de empresas independentes ligadas umas às outras [8]. Um exemplo pode ser como na Figura 13.

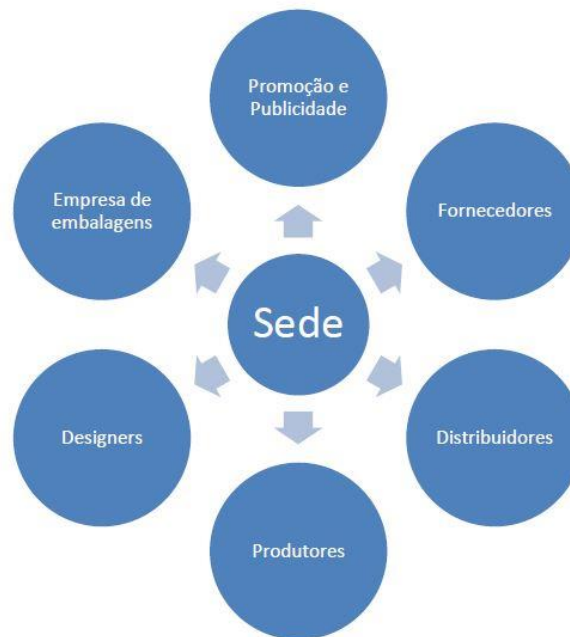


Figura 13 – Estrutura em rede [8]

2.5 Planeamento da Produção

O planeamento pode ser definido como o pensamento que antecede a ação, isto é, é a actividade que consiste em estabelecer metas e fixar objetivos organizacionais, preparar planos específicos de ação e prazos de cumprimento.

Deve ser uma atividade estruturada e disciplinada como está exposta na Figura 14. A estrutura pode ser apresentada em vários níveis hierárquicos [4]:

- **Planeamento a longo prazo**, onde são tratadas as questões estratégicas. Normalmente, é executado ao nível da gestão de topo e tido como elemento orientador para todas as funções e áreas de negócio da empresa;
- **Planeamento a médio prazo**, onde são tratadas as questões táticas. Normalmente, é executado ao nível do departamento ou área de negócio;
- **Planeamento a curto prazo**, onde são tratadas as questões operacionais. Normalmente, é executado ao nível da função.

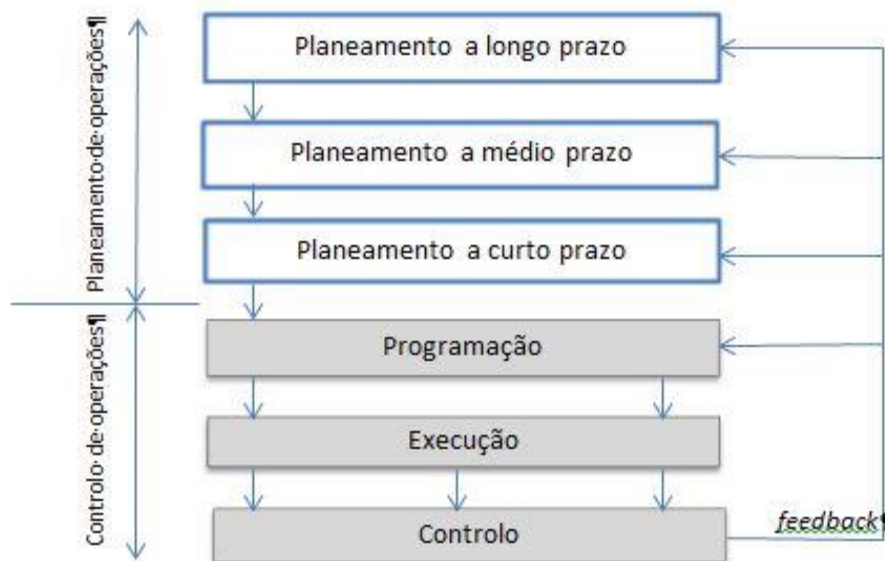


Figura 14 – Níveis de planeamento e funções associadas (Adaptado de [4])

Programação: lida com as questões do momento, com a resolução de problemas e a consideração de estrangulamentos e constrangimentos. (ex: avarias, atrasos e falhas).

Controlo: consiste em confrontar os resultados (execução dos planos de materiais e de capacidade) com os programas e tomar ações corretivas sempre que os desvios sejam significativos.

O planeamento da produção, além de estabelecer os níveis de planeamento referidos, também se preocupa com a preparação das necessidades, onde se elaboram programas de produção e planos de utilização de capacidade produtiva. O planeamento e controlo da produção pode ser dividido da seguinte forma [6]:

Planeamento Estratégico da Produção: assegura a eficaz utilização dos recursos;

Planeamento e Controlo Tático da Produção: têm como objetivo definir métodos, procedimentos, e programas de produção para implementação prática dos objetivos e planos definidos no planeamento estratégico;

Controlo da Atividade de Produção: atua sobre a execução dos trabalhos e cumprimento dos objetivos programados de prazos. Além desta classificação, também se pode dividir o planeamento e o controlo da produção em planeamento a curto, médio e longo prazo.

2.5.1 Planeamento a Longo Prazo

O planeamento a longo prazo inicia-se com o plano de negócios, que tem como principais entradas as previsões, a análise do mercado e os objetivos da empresa. Este tipo de planeamento tem como horizonte mínimo seis meses [4].

O plano de negócios serve como entrada ao plano de vendas e operações (SOP). O plano de vendas é mais detalhado que o plano de negócios, pois contém a função do planeamento das operações e dos recursos. Em algumas situações no plano de vendas e operações e no plano de negócios é possível identificar algumas etapas do planeamento agregado [4].

O PDP (Plano Diretor de Produção) é elaborado para cada produto e tem como entrada o SOP (Plano de venda e operações), a gestão da procura e o planeamento geral da capacidade. Pode-se olhar para o PDP como uma simples lista dos pedidos e previsões temporais para um determinado produto num dado período [4].

Planeamento Diretor de Capacidade (PDC)

Estas técnicas fornecem dados importantes para que a capacidade possa ser ajustada por forma a assegurar a execução do PDP como, por exemplo [3]:

- Movimentação de cargas entre períodos (no tempo);
- Movimentação de cargas entre centros de trabalho (no espaço);
- Horas extraordinárias;
- Turnos;
- Redução temporária da semana de trabalho;
- Produção antecipada com armazenagem;
- Produção atrasada assumindo os encargos.

Plano Diretor de Produção (PDP)

O PDP tem como objetivo determinar com antecipação, quais os produtos que se devem produzir e em que quantidades. O período de planeamento do PDP é variável, tendo normalmente seis meses de programação. No entanto, esta programação poderá variar de acordo com as previsões e com os prazos de entrega previstos, para a produção de qualquer encomenda ou lote de artigos [3].

O PDP é expresso em unidades do produto a ser processado em cada um dos períodos, durante um determinado intervalo do planeamento. A definição do plano diretor varia de acordo com o sistema produtivo, em função das encomendas existentes em carteira, das encomendas planeadas, da previsão da procura e dos planos de capacidade dos sistemas produtivos [3].

2.5.2 Planeamento a Médio Prazo

Este planeamento é mais dinâmico que o anterior, devido à diminuição do período de tempo e do volume de informação envolvidos. O elemento chave do planeamento a médio prazo é o Planeamento de Necessidades de Materiais (MRP), que apresenta um método bastante simples de implementar.

O MRP recebe do PDP os dados relativos aos produtos finais a produzir, a quantidade necessária e a data para entrega. Estes dados são processados considerando a estrutura de cada produto ou lista de materiais (BOM, bill of materials), identifica todos os materiais e componentes (comprados ou fabricados) que constituem o produto acabado e têm de ser geridos pelo sistema MRP. Para cada material ou componente, o sistema MRP consulta as existências de stocks (inventário) e em função destas, determina as necessidades de produção ou compras [4]. Pode ser apresentado como na Figura 15.

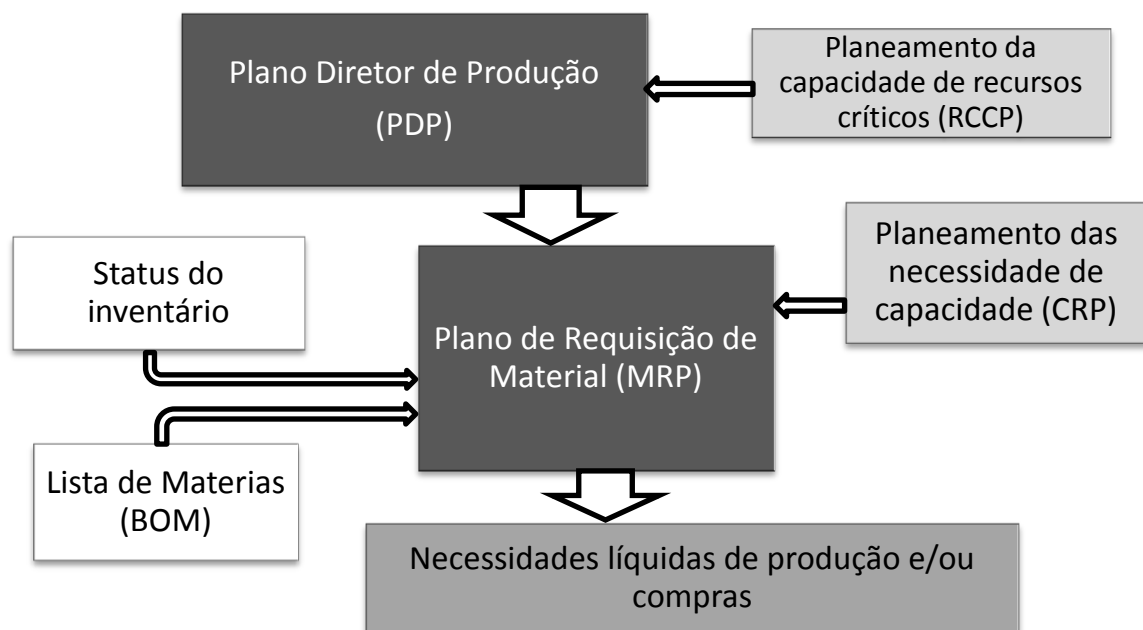


Figura 15 – Planeamento a médio prazo; abordagem das questões táticas (Adaptado de [4])

Planeamento de Necessidades de Materiais (MRP)

O MRP faz o controlo de stock e de planeamento da produção, onde o principal objetivo é criar condições para que os materiais necessários para o fabrico de produtos intermédios, módulos, opções ou produtos finais existam em quantidade, qualidade e no momento apropriado de forma a garantir os compromissos de entrega ao cliente [4].

São então definidos os prazos para início de produção dos produtos encomendados, ou seja, a programação MRP determina as necessidades líquidas de produção e as respetivas ordens de produção ou de compra, para satisfazer a programação de fabrico dos produtos finais. Esta programação é realizada com base no PDP, onde é possível determinar as necessidades de todos os materiais, componentes e matérias-primas que constituem os artigos do PDP nos diferentes períodos, para posteriormente se encomendar ou produzir.

Conceitos de base do sistema MRP

- **Tempo de execução (Lead Time)** – É o tempo que decorre entre o início de uma atividade e a sua conclusão [4];
- **Tamanho do lote** – Um lote é a quantidade de materiais ou produtos que está sujeito a um dado processamento. O sistema MRP trabalha com lotes fixos [4];
- **Lista de Materiais (BOM)** – É a “árvore” do produto, isto é, uma base de dados que identifica todos os itens ou materiais, como matéria-prima ou componentes, que constituem o produto final. Esta lista deve identificar a natureza dos materiais (se o material foi comprado ou fabricado), a quantidade e a sua posição na estrutura do produto. Os dados constituintes da lista de materiais devem estar sempre atualizados de forma a minimizar erros no planeamento [4].

2.5.3 Planeamento a Curto Prazo

O planeamento a curto prazo é extremamente dinâmico e instável, devido à proximidade da data de entrega e à presença de fatores desestabilizadores que frequentemente surgem. As principais atividades executadas pelo planeamento a curto prazo são a programação, o plano de compras, a monitorização, a montagem e o controlo oficial. O controlo oficial é extremamente complexo e exigente, devido a ter de lidar com constrangimentos imprevistos como avarias, atrasos e falhas, greves dos trabalhadores e problemas de qualidade. O controlo oficial terá ainda de garantir que as encomendas são entregues a tempo e sem prejuízo da qualidade [4].

Para facilitar o planeamento das atividades, o controlo oficial tem recorrido cada vez mais a soluções tecnológicas (sob a forma de software ou hardware) para apoio à organização da empresa.

2.5.4 Controlo oficial

Os sistemas de controlo de produção preocupam-se com dois objetivos: planear e controlar as operações de manufatura. As técnicas de controlo oficial encontram-se neste momento numa transição de métodos manuais para métodos computadorizados cada vez mais evoluídos.

Funções do controlo oficial

O Controlo da produção depara-se com um problema de aquisição de dados e informação do progresso das ordens de fabrico e criar uso da informação para controlo das operações de fabrico. Isto é um problema adicional para o controlo oficial. As funções de um sistema de controlo estão classificadas segundo Zimmers [9] por:

- 1- Controlo prioritário e atribuição da ordem de compra
- 2- Manter a informação no processo de produção para controlo de material (MRP)
- 3- Monitoração da informação das ordens de fabrico
- 4- Fornecer dados de saída (output) para controlo da capacidade de stock

Sistema de Controlo Oficinal

Um sistema de controlo oficial (CO) é criado para cumprir as quatro funções, referidas anteriormente, de forma eficiente. Há várias formas de configurar um controlo oficial variando o envolvimento computacional. Até ao momento do desenvolvimento tecnológico da manufatura, nenhum dos sistemas exclui a participação humana. Por outras palavras, os sistemas de controlo oficial não são sistemas de resposta automática ou processos de controlo computadorizado. Até o mais moderno e computadorizado controlo oficial requer interação humana como ligação vital para o ciclo de controlo. Todo o processo pode ser resumido na Figura 16.

Um sistema de controlo oficial consiste em seguir três passos. Esses passos são manifestados como três módulos de softwares que são ligados entre si em conjunto no sistema CO. Que são [9]:

- 1- Libertação da ordem
- 2- Agendamento da ordem
- 3- Progresso da ordem

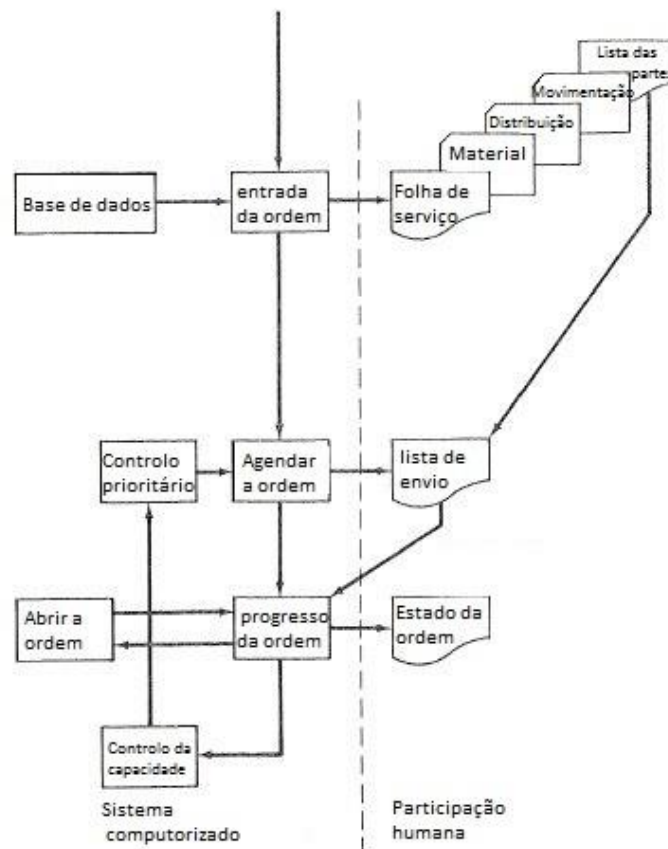


Figura 16 – Diagrama de controlo oficial (Adaptado de [9])

Operação de agendamento

O agendamento de produção fornece uma tabela de tempo para as entregas dos produtos finais. Isto é traduzido em requisitos de material e componentes usando o MRP, e confirmada a capacidade do plano de produção pelo plano de capacidade. A próxima ligação deste planeamento é o agendamento das operações.

O agendamento de operações preocupa-se com o problema de atribuição específica de trabalho para um posto de trabalho específico numa semana, dia ou horas. Os produtos finais específicos na atribuição consistem nos componentes, em que cada um é fabricado, por uma sequência de processos de operações.

O agendamento envolve a atribuição de uma data de início e de fim para os lotes individuais e uma designação do posto de trabalho onde é realizada cada ordem de fabrico.

O problema do agendamento é complicado pelo facto de que podem existir centenas ou milhares de competências de trabalho individuais por unidade de tempo num número limitado de postos de trabalho. Essas complicações são compostas por interrupções imprevistas e atrasos tal como as avarias nas máquinas, trocas de prioridade de trabalho, faltas ao trabalho e greves dos trabalhadores da empresa.

O objetivo dos sistemas de agendamento de operações atribuiu tarefas aos centros de trabalho para [9]:

- 1- Encontrar datas finais de entrega para acabamento do trabalho em cada posto;
- 2- Minimizar os lotes durante o processo. Isto é realizado pela minimização do tempo de espera da manufatura;
- 3- Maximizar a utilização das máquinas e dos recursos de trabalho.

Existe uma grande variedade de métodos de agendamento usados no processo de produção. Diferentes métodos são apropriados dependendo das operações da empresa, lotes de produção ou produção em massa.

O agendamento de operações pode consistir em seguir dois passos:

- 1- Carregamento da máquina;
- 2- Sequência de trabalho.

Para o processo dos trabalhos através de fatores, as tarefas devem ser atribuídas aos postos de trabalho. Desde que o número de ordens exceda o número de postos de trabalho, cada posto de trabalho irá ter ordens em espera para processar. A atribuição das ordens para os postos de trabalho é mencionada para o carregamento das máquinas.

Regras de prioridade para trabalho sequencial

A regra de prioridade na operação de programação é um guia determinante na sequência de cada ordem, que será processada através de um dado posto de trabalho. Algumas regras de prioridade usadas na indústria podem seguir [9]:

- Maior prioridade é dada para trabalhos com “data mais cedo”;
- Maior prioridade vai para trabalhos com “tempo de processo curto”;
- Trabalhos são processados com base em “chega-primeiro-sai-primeiro”;
- Maior prioridade é dada para trabalhos com “menos folga” no agendamento;

$$\text{Folga} = (\text{tempo restante até a data de entrega}) - (\text{tempo restante do processo}) \quad (1)$$

- Maior prioridade é dada para trabalhos com menor rácio crítico;

$$\text{Rácio crítico} = \frac{\text{tempo restante até data de entrega}}{\text{tempo restante do processo}} \quad (2)$$

O método da “marcação vermelha”, corresponde àquele em que os trabalhos urgentes são identificados com um cartão vermelho pelo despachante, para os trabalhos mais prioritários.

Sistema de recolha de dados da fábrica

O propósito de um sistema de recolha de dados da fábrica (FDC-factory data collection) no controlo oficial é para providenciar uma ordem progressiva de dados básica. Num sistema de controlo oficial computadorizado é submetido o módulo da ordem progressiva para análise do estado de geração do estatuto da ordem de trabalho e estados de exceção.

Os tipos de dados de controlo oficial que devem ser recolhidos pelo sistema de recolha de dados incluem [9]:

- contagem de peças;
- contagem de peças rejeitadas e contagem de peças para reparar;
- conclusão das operações de sequência de encaminhamento;
- pausas da máquina;
- tempo de trabalho que se torna trabalho regressivo;

Estes parâmetros da atividade da fábrica representam os dados básicos da informação de estado num controlo oficial podendo ser determinados.

Outro propósito para o sistema de recolha de dados pode ser o tempo e o relatório de presença dos trabalhadores para a contabilidade e folha de pagamento dos departamentos.

Os quatro métodos que têm sido usados para recolher dados do controlo oficial, são os seguintes:

- Percurso do trabalho
- Folha de tempo do trabalhador
- Centralização dos terminais da oficina
- Terminais dos postos de trabalho individuais

2.6 Eliminação de desperdícios (filosofia Lean)

Durante várias décadas, a despreocupação com os custos de produção proporcionou desperdícios em vários setores do sistema produtivo, ao contrário do que se verifica, atualmente, com a aplicação da filosofia de Lean Manufacturing. Esta filosofia consiste num conjunto de estratégias utilizadas para a identificação desses desperdícios existentes nos processos produtivos, nos produtos e nas empresas, de forma a satisfazer o cliente e reduzir ou eliminar esses desperdícios. A eliminação destes desperdícios pode no futuro, refletir-se no sucesso da produção, pois o desperdício é considerado tudo aquilo que o cliente não reconhece como valor [10].

2.6.1 Princípios da filosofia Lean

O conceito de Lean foi introduzido primeiramente por Womack (1990), com o intuito de descrever a filosofia e práticas de trabalho dos fabricantes de automóveis Japoneses, mais concretamente o sistema da Toyota, denominado por Toyota Production System (TPS). Esta filosofia estava orientada para uma melhoria contínua dos processos e para a focalização de meios e métodos necessários para promover essas melhorias. Com isto, pode-se dizer que esta filosofia tem como principal objetivo a eliminação de desperdícios e consequentemente unir as etapas que realmente acrescentam valor ao produto. Mais tarde, em 1996, este conceito foi formalizado de maneira mais extensa, e assim foi descrito como tendo cinco princípios-chave [10]:

1. Identificar o Valor – Este princípio consiste em especificar o que gera e não gera valor sob a perspetiva do cliente, pois o valor identifica o que realmente importa para o cliente.

2. Identificar a Cadeia de Valor – Por sua vez, não se deve focar, apenas, na satisfação dos clientes e negligenciar os interesses e necessidades de outras partes, é necessário conhecer todas as partes interessadas no negócio.

3. Otimização do Fluxo – Promover ações com objetivo de assegurar os fluxos dos materiais, pessoas e informações de forma a criar um fluxo de valor contínuo sem interrupções ou esperas.

4. Produção Pull – Permite que os consumidores “puxem” pela produção de forma a produzir somente nas quantidades solicitadas pelos clientes e evitar acumulação de stock e garantir a entrega do produto na quantidade e momento certos.

5. Obter a Perfeição – Incentivar em manter a melhoria contínua em toda a organização, ouvir o cliente, ser rápido e eficaz e permitir que as organizações melhorem continuamente. Por isso, deve-se procurar remover todas as perdas e desperdícios, suprimir todos os obstáculos que possam interromper o fluxo produtivo.

2.6.2 Os oito desperdícios

Por definição contextualizada, desperdício é qualquer atividade que consome recursos, mas não cria valor para o cliente. Na maior parte dos fluxos de valor, as atividades que realmente criam valor para o cliente são poucas. Assim, a maior fonte potencial de melhoria de desempenho numa empresa e melhoria do serviço ao cliente é eliminar o maior número possível de desperdícios. O Lean Thinking considera a existência de 8 desperdícios que devem ser reduzidos ou eliminados, sendo apresentados na Tabela 3 [11].

Tabela 3 – Os oito desperdícios

Excesso de produção- Processar mais, ou antes, do necessário.	<ul style="list-style-type: none"> • Comprar produtos antes de serem necessários • Processar um documento antes de uma análise prévia • Produção excessiva de um produto
Movimentação- Movimentos desnecessários de pessoas para cumprir a tarefa.	<ul style="list-style-type: none"> • Operador de máquina precisar de andar para ir buscar uma peça • Operador precisa de andar muito para buscar ferramenta • Departamentos dispersos na empresa (layout) • Caminhadas para tirar copia, fax, etc.
Stock- Mais suprimentos ou produtos no processo do que o necessário.	<ul style="list-style-type: none"> • Caixas cheias • Excesso de produtos • Mais material de produção do que o necessário • Excesso de equipamentos
Transporte- Movimentos desnecessários de materiais.	<ul style="list-style-type: none"> • Múltiplas movimentações de material com a empilhadora • Transportar o material de um setor para o outro com empilhadora porque os setores ficam longe um do outro
Tempo de Espera- Produtos ou pessoas em espera do processo	<ul style="list-style-type: none"> • Espera dos clientes • Documentos à espera por assinatura • Espera do transporte de material de um setor para outro • Espera de arranjos de problemas nas máquinas
Má utilização do capital Humano- Não utilizar completamente a capacidade das pessoas.	<ul style="list-style-type: none"> • Não envolver as pessoas nos processos de melhorias • Não dar a correta atribuição ou orientação às pessoas • Trabalho desigual (não balancear carga)
Defeitos- Todo o erro que leva a um retrabalho.	<ul style="list-style-type: none"> • Erros de processos manuais • Digitação errada • Erro de produção
Processamento desnecessário- Esforços que não agregam valor ao cliente.	<ul style="list-style-type: none"> • Etapas redundantes no processo • Múltiplas inspeções no processo • Solicitações de clientes não definidas ou claras • Tecnologia inadequada

2.6.3 Ferramentas Lean

Estas ferramentas são instrumentos utilizados para implementar um sistema Lean, e que ditam como seguir os seus princípios. Como por exemplo, na Tabela 4.

Tabela 4 – Ferramentas Lean

	Função
O 5S	Os 5S são as iniciais das palavras SEIRI (Arrumação), SEITON (Pôr em ordem), SEISO (Limpeza), SEIKETSU (tornar saudável o ambiente de trabalho) e SHITSUKE (Formação moral). O objetivo da implantação dos 5S é melhorar a qualidade dos artigos produzidos, a segurança, a eficácia e reduzir a taxa de avarias [12].
Padronização ou Trabalho Uniformizado	Consiste na identificação da melhor forma de efetuar determinada tarefa ou processo. Para se conseguir uniformizar o trabalho, devem-se elaborar instruções de trabalho considerando as melhores formas de o executar [13].
Controlo Visual	O controlo visual pretende auxiliar a gestão dos processos, podendo ser visual e auxiliado pelo controlo sonoro. Dar indicações das atividades em curso, indicações de segurança ou qualidade o que facilita a prevenção e identificação de anomalias [13].
TPM- Total Productive Maintenance	O TPM é um processo que maximiza a produtividade eliminando as perdas. Reduz os tempos mortos, garante a qualidade e diminuiu os custos em processos contínuos [14].
Método SMED	A técnica SMED é utilizada com o intuito de melhorar as condições de setup. Para isso, é necessário seguir as etapas: -1ª etapa: Estudo do trabalho; -2ª etapa: Separar atividades externas das internas; -3ª etapa: Transformar atividades internas em externas; -4ª etapa: Reduzir e eliminar as atividades internas; -5ª etapa: Reduzir as atividades externas [15].
Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM)	É uma metodologia lean thinking que permite identificar e efetuar a análise de atividades subdividindo-as do seguinte modo: atividades que acrescentam valor, que não acrescentam, mas são necessárias e as que são desnecessárias. Esta identificação inicia com o Mapeamento de Fluxo de Valor do estado atual do processo. Após a análise do processo e da realização de melhorias, efetua-se o Mapeamento do Fluxo de Valor do estado futuro [13].
Kanban	É orientado à produção em série, cuja produção seja relativamente estável. Este método aumenta a produção a partir da procura, ou seja, o ritmo de produção é determinado pelo ritmo de circulação de Kanbans (etiqueta), que por sua vez é determinado pelo ritmo de consumo dos produtos [12].
Sistema Pull	Para se aplicar o sistema pull basta que cada célula de trabalho puxe materiais da célula anterior apenas perante um pedido da seguinte. As operações serão realizadas segundo o conceito just-in-time, isto é quando, no momento e na quantidade necessárias [13].
Jidoka	A produção tem como base a qualidade dos seus produtos e das operações, concebendo os equipamentos e operações de modo a libertar os trabalhadores, para que possam dedicar-se a outras operações de valor acrescentado [12].
Kaizen-Melhoria contínua	Tem origem japonesa e significa melhoria contínua. Essa melhoria envolve a participação de todos os colaboradores e tem como principal objetivo melhorar os processos e desempenhos da organização, implementando melhorias que envolvam baixos investimentos [13].
Heijunka-Programação Nivelada	Consiste em nivelar a produção. O objetivo é eliminar os gargalos que frequentemente ocorrem. O que se adota é não produzir todo o material para apenas uma encomenda, mas sim intercalar diversas, conseguindo satisfazer diversos clientes. Consegue-se deste modo tornar a produção mais estável [13].

2.7 Aplicativo de Gestão da Produção

De maneira a facilitar o controlo das várias vertentes apresentadas, existe vários softwares computacionais que se podem utilizar com vantagem para a organização da empresa. Existem softwares que são gratuitos como o Primavera Express (este software apenas é gratuito até um máximo de movimentação de 30 mil euros anuais) ou com licenças adquiridas de origem num computador, como é o caso do Microsoft Excel. Ambos possuem as suas vantagens e desvantagens que podem ser descritas na Tabela 5.

Tabela 5 – Comparação dos aplicativos de gestão de produção

	Vantagens	Desvantagens
Microsoft Excel	<ul style="list-style-type: none"> - Gratuito e sem limite de fluxo monetário; - Conhecimentos de aprendizagem facilmente adquiridos com experiência. 	<ul style="list-style-type: none"> - Muito complicado para criar fichas automatizadas; - Necessidade de criar várias folhas Excel (Exemplo: clientes, fornecedores, stock...).
Primavera Express	<ul style="list-style-type: none"> - Fácil manejoamento; - Simplicidade de apresentação de todas as suas funções; - Todas as áreas se encontram separadas, mas catalogadas para simplificar o seu acesso. 	<ul style="list-style-type: none"> - Limite de fluxo monetário; - Alguns pontos de utilização com falta de explicação de funcionamento; - Necessidade de formação (para utilizar com grande aproveitamento).

A versão gratuita do software da Primavera é uma boa opção para empresas que se encontram ainda no seu início de atividade, porque ainda gere poucas quantidades monetárias. Além de que o trabalhador encarregue de atualizar a base de dados, começa por ganhar experiência neste tipo de programas, o que facilitará no futuro a aprendizagem/utilização de um software mais avançado que possa ser adquirido pela empresa.

Software Primavera na Indústria

Este é um programa, cujo logótipo está apresentado na Figura 17, e se encontra a ser utilizado cada vez mais pelas empresas da região. Além de a empresa vendedora ter uma vasta gama de diferentes modelos, destinados a diferentes áreas de trabalho, também é de fácil contato ao centro de apoio ao cliente. As licenças de utilização dependem de qual o software que o cliente compra, porque consoante a utilidade a ter, o programa pode oferecer uma versão mais completa, mais básica ou mais simples de utilizar. Para uma compra vantajosa, a empresa vendedora pede os dados necessários para determinar qual o software que mais se adequa à situação atual, facilitando assim o trabalho do cliente e perdas de tempo em pesquisas que podem levar à compra de um programa pouco vantajoso.



Figura 17 – Logótipo do Software Primavera [16]

Por exemplo, com uma utilização eficaz de um software deste tipo, é possível aproveitar vantagens, como:

Aumento da produtividade– automatização de processos produtivos, logísticos, administrativos e financeiros;

Diminuição dos custos operacionais– otimização dos processos administrativos, desde o aprovisionamento, até à expedição, passando pela faturação e recebimentos;

Aumento da eficiência– controlo integrado e em tempo real de todas as áreas do negócio;

Melhoria da qualidade – eliminação de inconformidades desde a primeira peça, até ao produto acabado.

2.8 Processo de Fabrico

Classificação dos Processos de fabrico

A transformação de metais e ligas pode ser realizada por um diverso e variado conjunto de processos mecânicos apresentados na Figura 18 e que contêm variadas atividades desde fundir, soldar, conformar ou maquinar metal a fim de obter a peça desejada. Vários fatores devem ser considerados quando se escolhe um processo de fabricação. Como por exemplo, segundo [17]:

- Forma e dimensão da peça;
- Material a ser empregado e suas propriedades;
- Quantidades de peças a ser produzidas;
- Tolerâncias e acabamento superficial requerido;
- Custo total do processamento.

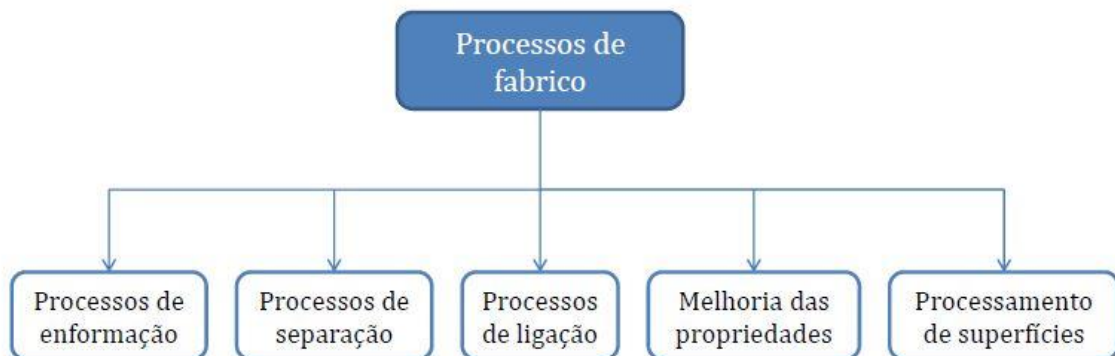


Figura 18 – Processos de fabrico

Processos de enformação

- Fundição
 - Moldes não permanentes
 - Moldes permanentes
- Deformação plástica
 - Deformação em massa
- Forjamento
- Laminagem
- Trefilagem
- Extrusão
 - Deformação em chapa
- Quinagem
- Estampagem
- Estiramento

Processos de ligação

- Ligação permanente
 - Soldadura
- Ligação mecânica
 - Rebitagem
 - Aparafusamento

Melhoria de propriedades

- Tratamento térmico

Processos de separação

- Corte por arranque de apara
 - Torneamento
 - Fresagem
 - Furação
- Corte sem arranque de apara
 - Corte por arrombamento
 - Oxicorte
 - Corte por plasma
 - Corte por laser

Processamento de superfícies

- Limpeza
- Revestimento

Classificação dos processos de maquinagem

O processo de fabricação de peças por maquinagem pode ser dividido em duas grandes categorias:

- **Maquinagem convencional** - Processo mecânico pelo qual a peça resultante é produto de um processo de remoção de material [18].
- **Maquinagem não convencional**- utiliza uma fonte de energia química, elétrica ou térmica, ao invés da energia mecânica usada tradicionalmente. Aplica-se quando os metais a serem trabalhados são de maquinagem e onde a taxa volumétrica de remoção de material é muito menor que a do método convencional [18].

Classificação das operações de corte

Quanto à finalidade, as operações de maquinagem podem ser classificadas em:

- **Operações de desbaste** – processo anterior ao acabamento, que visa obter na peça a forma e dimensões próximas das finais.
- **Operações de acabamento** - processo destinado a obter na peça as dimensões finais, ou um acabamento especificado.

2.8.1 Procedimentos de Produção

Para que a produção de uma empresa tenha rentabilidade é importante que se faça um planeamento de todo o processo. Para que isso seja possível é necessário identificar todos os parâmetros e restrições que cada processo pode ter. O planeamento torna-se assim um procedimento de tomada de decisões com o objetivo de obter um plano de produção mais económico [8].

Para que isso se torne mais eficaz existem alguns aspetos que devemos ter em atenção para se evitar ou reduzir gastos economicamente desnecessários, e que podem vir a longo prazo a ser lucrativos se forem alterados com antecedência.

Parâmetros de entrada

-material da peça

O material da peça em bruto deve ser estudado para se conhecerem as características principais, como: propriedades físicas, químicas e mecânicas. Estas servem para determinar os parâmetros de dureza, resistência à tração, composição química, inclusões, afinidade química com o meio lubrificante ou com a ferramenta, microestrutura, encruamento, etc.

A propriedade mais importante de um metal utilizado no processo de maquinagem é a sua maquinabilidade. O termo refere-se à capacidade de um metal em ser maquinado e o seu acabamento superficial seja admissível. Algumas características influenciam a maquinabilidade dos metais, tais como: a dureza e a resistência mecânica, a ductilidade, a condutividade térmica e a taxa de encruamento [8].

Materiais com baixos valores de dureza podem ser maquinados com velocidade de corte, avanço e profundidade maiores, por serem materiais macios. O resultado é obter um tempo de vida maior da ferramenta de corte e elevadas taxas de remoção de aparas.

-geometria da peça

Quando se escolhe um processo de maquinagem, analisa-se a capacidade desse processo em executar a forma geométrica da peça com a exatidão e o acabamento superficial pretendidos. Inicialmente, escolhem-se os grupos de processos que podem ser compatíveis com o tamanho e a forma geométrica da peça a maquinar e com as possíveis características adicionais (furos, roscas, caixas, cavidades, etc). Feita a seleção do grupo de processos de maquinagem, a seleção final será aquela que garanta o acabamento superficial e as tolerâncias geométricas e dimensionais da peça. Quanto à sua geometria, as peças podem ser classificadas em dois grandes grupos: peças equivalentes a sólidos de revolução (axissimétricas) ou peças não-equivalentes a sólidos de revolução (prismáticas) [8].

Parâmetros de maquinagem

-geometria da ferramenta

A escolha da geometria da ferramenta de corte, de acordo com a tarefa a executar é um fator fundamental na vida da ferramenta, pois influencia a formação e a saída da apanha, as forças de corte, o desgaste da ferramenta, a qualidade da superfície e o tipo de aplicação [19]. As diferentes geometrias e características podem ser visualizadas no Anexo B.

-material da ferramenta

Outro fator fundamental na maquinagem passa pela escolha do material da ferramenta de corte, pois influencia de forma importante as velocidades de corte e as forças de corte. Os diferentes tipos de material podem ser visualizadas no Anexo B.

- dados de corte

Este fator é muito importante, porque retém todas as informações necessárias para adicionar ao código numérico, como por exemplo, a velocidade de avanço e de rotação da ferramenta. Para esses cálculos são utilizadas equações para determinar a velocidade de rotação do eixo da árvore, velocidade de corte, velocidade de avanço, entre outras. Para ajudar a compreender estes parâmetros, as equações encontram-se apresentadas no Anexo B.

2.8.2 Limitações de produtividade

A análise dos fatores de produção numa empresa a médio prazo permite conhecer quais são o limite máximo de produtividade que geralmente se consegue obter. Esse limite é imposto por diversos fatores, como é o caso da taxa de extração de apanha por hora, maquinagem, ferramentas, peças, operadores e o próprio ambiente da fábrica podem causar variação na produção.

-limite de capacidade qualitativa da máquina

O limite de produtividade qualitativa de uma máquina-ferramenta é definido pela capacidade que esta tem em produzir peças dentro das tolerâncias superficiais e geométricas. Cada máquina apresenta uma ficha de características que se consegue

encontrar no manual de utilização e que se pode observar, entre outros fatores, a altura e largura da mesa de trabalho, potência e velocidade de rotação máxima da árvore. Desta maneira é possível, determinar qual a gama de trabalhos que se pode realizar em cada uma das máquinas da empresa. Temos um exemplo na Tabela 6 de um centro de maquinação da Feeler.

Tabela 6 – Exemplo das características da máquina

Modelo	Feeler FV-1000A
Movimento	
Eixo X	1000 mm (39.4")
Eixo Y	500 mm (19.7")
Eixo Z	505 mm (19.9")
Eixo de rotação até à superfície da mesa	80 mm-585 mm (3.1"-23")
Mesa	
Dimensão da mesa	475x1150 mm (18.7"x45.3")
Max peso carregável	500 kgs (1100lbs)
Rotação	
Velocidade de rotação	50-8000 rpm
Motor de rotação	7.5 kw / 9 kw (CONT / 30min)
Velocidade de avanço	
Rápido movimento no eixo X	24 (20) m/min
Rápido movimento no eixo Y	24 (20) m/min
Rápido movimento no eixo Z	15 m/min
Espaço no chão	2800x2178 mm(110.2"x85.8")
Peso da máquina	5100 kgs (11233 lbs)
Capacidade de energia	15 KVA
Pressão do ar	6-8 kgf/cm²

-limites de capacidade quantitativa da máquina (fluxo de apara por hora)

Quanto aos limites de produtividade quantitativa estes são dados por dois fatores: caudal de apara e pelos valores da velocidade de corte e de avanço. A potência disponível para a ferramenta de corte de uma máquina-ferramenta pode ser calculada por [20]:

$$P_c = \frac{a_p \cdot a_e \cdot V_f}{60\,000\,000 \times \eta} \times K_c \quad (3)$$

Para calcular a espessura da apara podemos seguir a seguinte equação [20]:

$$h_m = f_z \times \sqrt{\frac{D_c}{a_e}} \quad (4)$$

Em que as variáveis expressas na Figura 19 são:

D_c =diâmetro da ferramenta

a_p = Profundidade de corte

a_e =Largura de corte

V_f =Velocidade de avanço

η =Rendimento

K_c =Força específica

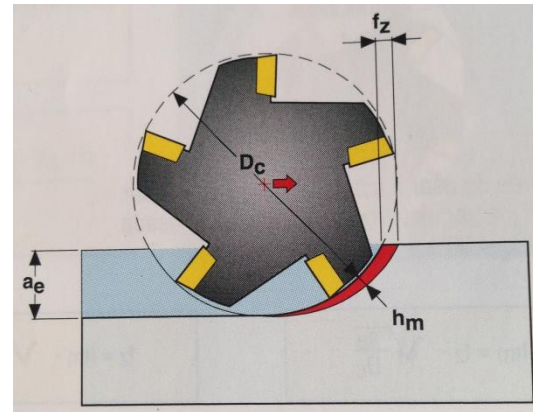


Figura 19 – Ilustração das variáveis anteriores [20]

-limites de velocidade e de avanço

Por norma, não é possível aplicar com rigor todos os valores fornecidos pelas considerações teóricas para estes dois parâmetros de maquinagem. Isso implicava que as máquinas-ferramenta tivessem todos os valores estabelecidos entre um mínimo e um máximo para o seu funcionamento. A obtenção desses valores intermédios só pode ser feita com a utilização de variadores de velocidade [8].

-limites de qualidade

O fator que determina a qualidade das peças é, também, a força de corte. A orientação da aresta de corte em relação à superfície da peça também determina a qualidade desta. A deformação da superfície de corte está dependente do valor do esforço que é realizado pela ferramenta. O esforço de corte é quase zero quando a aresta é perpendicular à superfície de corte. Contudo, a aresta de corte deve ter uma ligeira inclinação em relação à superfície da peça [8].

-Limites impostos pela peça

A maquinagem de peças é sempre limitada pelas forças de corte e de aperto das peças. Para peças rígidas pode-se utilizar uma secção de corte quase limitada porque esta dificilmente sofre deformação ou flexão. Enquanto que para peças mais

finas ou mesmo dúcteis, não o podemos fazer, pois pode ocorrer a flexão das peças ou deformação de material.

-limites do operador

Este limite é colocado por uma conjugação de diversos fatores. Como fatores principais temos a cadência de produção, a variedade de peças e dificuldade de operações manuais em peças mais complexas, a juntar às competências do operador, e por outro lado, temos de definir os limites de velocidade de execução de cada trabalho [8].

A cadência de produção é determinada pelo número de peças, operações ou procedimentos realizados por unidade de tempo (minutos ou horas). Esta cadência é ainda limitada por fadiga nervosa e muscular do trabalhador [8].

Ambientes de produção com grande variedade de trabalho e procedimentos podem aumentar a fadiga, quando se pretende realizar trabalho muito rápido. A variabilidade de processos aumenta em muito a dificuldade de realização dos trabalhos [8].

-limites impostas pelo ambiente

As características do ambiente da fábrica podem influenciar a produção. Nomeadamente, as máquinas deveriam trabalhar a uma temperatura constante dentro de um intervalo que é aconselhado pelos fabricantes.

Os trabalhadores também devem sentir-se confortáveis no seu posto de trabalho. Para isso, são recomendados alguns aspetos que podem melhorar o ambiente de trabalho [8]:

- Temperatura: 15 a 17°C;
- Iluminação: 50 a 100 lux por posto de trabalho;
- Cor das paredes: ocre claro ou verde água;
- Ruído até 50 decibéis.

2.9 Implementação de CNC

Quando uma empresa planeia a possibilidade de utilizar máquinas com comando numérico, apresentam-se-lhe inicialmente dois problemas:

- a seleção do equipamento mais adequado;
- a implantação mais económica e adaptada à empresa;

O primeiro problema descrito é nos dias de hoje provavelmente o mais importante a ter em conta. Todos os aspetos a considerar na implantação de CNC encontra-se apresentados na Figura 20.

2.9.1 Aspetos particulares da seleção de CNC

A seleção das máquinas com CNC apresenta algumas particularidades em relação com a seleção de máquinas convencionais que é fundamental serem analisadas. Essas particularidades centram-se no seu campo de utilização, no seu carácter de máquina universal, o número de opções, a necessidade de otimizar a implementação e a incidência do tipo de máquina selecionada pela organização da empresa [21].

Campo de aplicação

Tradicionalmente, o campo de aplicação do CN aparecia situado em mecanismo de pequenas e médias series de produção. Hoje em dia, o campo de aplicação é mais amplo e com limites mais difusos e para determinadas peças, em determinadas condições e com a máquina de CNC adequada pode-se alcançar desde peças unitárias mais complexas até séries de produção altas [21].

Uso de máquinas universais

Na maior parte dos casos, as máquinas CNC são universais e destinadas à mecanização de diversas peças ou componentes. A variedade de produção determina a seleção e o modo de utilização das máquinas e questões inseparáveis sobre um todo nas zonas extremas do campo de aplicação [21].

Alto número de opções

O número de opções dentro de cada tipo de máquinas é alto, tanto no que se refere à máquina básica (capacidade dimensional, número de ferramentas, precisão, etc.), como ao grau de automatização, ou como os equipamentos de controlo nos diversos aspetos (modo de programação, capacidade de cálculo, memória, correções, diagnósticos, etc.) [21].

Necessidade de otimizar a implementação

Uma máquina CNC é quase sempre uma implementação importante. O seu valor pode oscilar entre três a dez vezes o valor de uma máquina convencional de capacidade dimensional semelhante [21]. O número de opções e a necessidade de otimizar a implementação obriga a um planeamento de seleção cuidadosa.

Incidência da máquina sobre os serviços da empresa

A incidência da introdução de uma máquina CNC sobre a organização e serviços de uma empresa está muito ligada ao tipo de máquina que se seleciona. À medida que aumenta o grau de automatização da máquina as implicações em desenho, programação, ferramentas, entre outros pontos são mais importantes e a rentabilidade da empresa mais crítica e ligada à organização da empresa, e a necessidade de meios auxiliares são também maiores [21]. Este tipo de incidência está determinado também pelo tipo de peças, variedade e tamanho das séries produzidas pela empresa.

2.9.2 Seleção de máquinas CNC

O estudo da seleção de uma máquina CNC compreende as fases seguintes [21]:

- 1) Estudo da justificação inicial
- 2) Análise das peças
- 3) Seleção da máquina e equipamento de controlo
- 4) Estudo económico
- 5) Conferir o número de máquinas

Estudo da justificação inicial

A primeira questão que surge ao utilizador é a de determinar se se justifica a utilização e implementação de uma máquina CNC. A solução para esta questão exige uma análise de diversos aspetos em relação às peças a fabricar e a natureza da produção. Tendo em conta que a finalidade de utilizar uma máquina CNC exerce muita pouca influência sobre o tempo de corte e que as reduções de tempo se centram na mão de obra dos trabalhadores, preparação e controlo, as peças que se justifica a utilização de CN serão aquelas em que a relação de corte/tempo de mão de obra é relativamente elevado. Esta consideração levará à análise dos critérios relativos à seleção das peças [21].

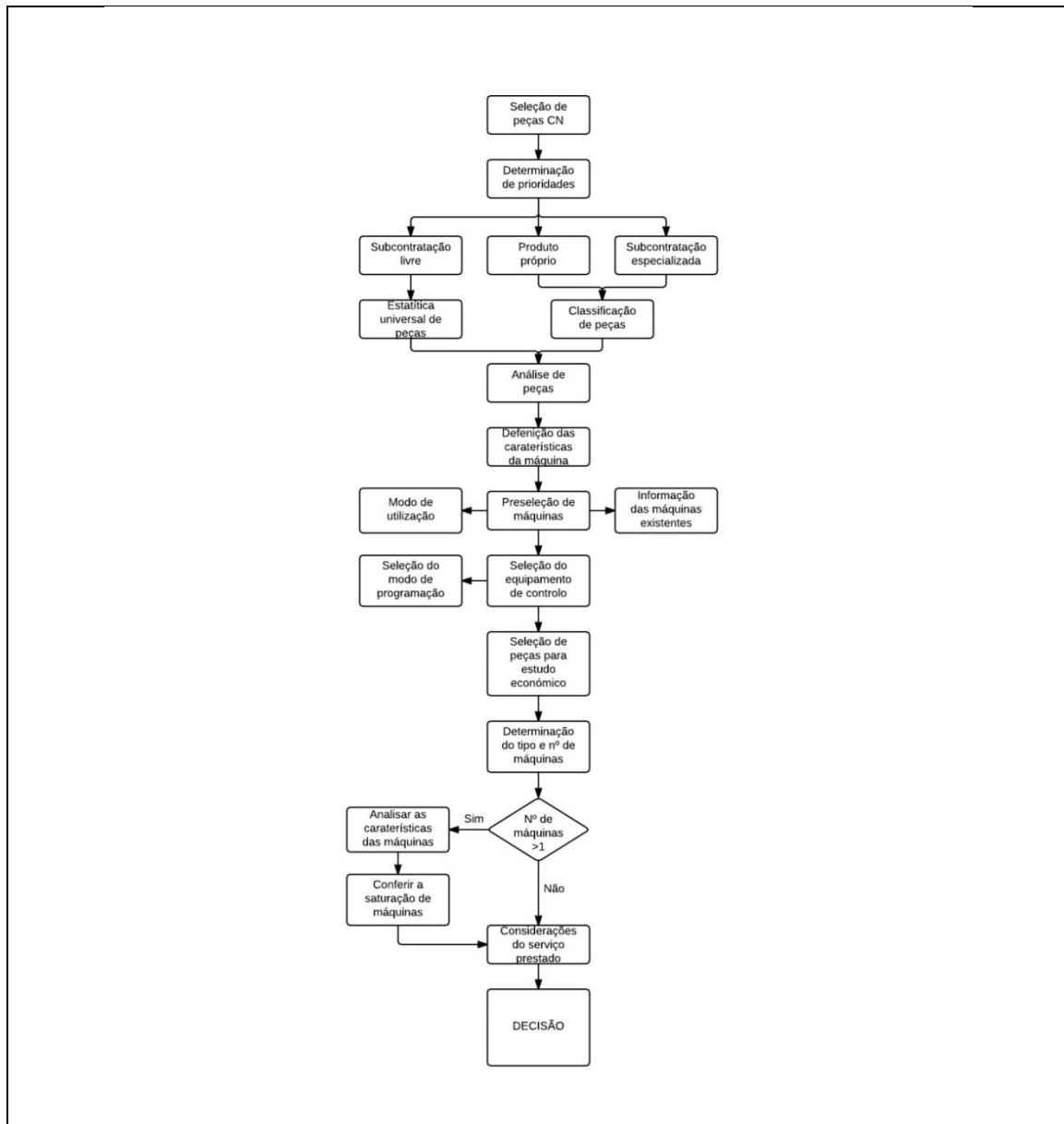


Figura 20 – Organograma do processo de seleção de máquinas CNC (Adaptado de [21])

Para analisar a justificação inicial de mudança tem de se considerar [21]:

- 1) O tamanho dos lotes;
- 2) O número total de peças a fabricar;
- 3) A utilidade específica necessária em maquinagem convencional;
- 4) A diversidade das peças.

A consideração de todos estes aspetos permitirá estabelecer a justificação inicial assim como ajudará a decidir as prioridades com o tipo de peças a maquinar.

Estudo de peças

O estudo de peças tem por objetivo adquirir uma visão geral das peças a maquinar. Tem que se distinguir em primeiro lugar os casos de produto próprio e subcontratação e neste último, se se trata de subcontratação especializada.

No caso de subcontratação livre, as estatísticas universais de peças podem ajudar a centrar as características de uma máquina que cobre um campo amplo, como por exemplo, da Figura 21. Nos casos de produto próprio ou subcontratação especializada e dependendo da heterogeneidade das peças, pode ser necessária uma classificação prévia segundo o tipo de peças ou numerações [21].

Caraterística de centros de maquinagem deduzidas das estatísticas das peças
Dimensões e pesos: <ol style="list-style-type: none">1. 80% das peças com operações de perfurar, fresar e roscar cabem num cubo de 450mm³.2. 40% das peças mandriladas cabem num paralelepípedo de 875 x 450 x 450mm.3. 90% das peças assimétricas pesam menos de 100 kg e cabem num cubo de 1500mm³.
Operações e ferramentas: <ol style="list-style-type: none">1. 95% das brocas são de um diâmetro menor que 50mm e 45% menos que 20mm.2. 75% das peças requerem 8 ferramentas ou menos.3. 9% das peças fresadas requerem torneagem.

Figura 21 – Caraterísticas de centros de maquinagem deduzidas de estatísticas (Adaptado de [21])

Definição de características e pré-seleção de máquinas

As caraterísticas básicas de uma máquina deduzem-se da análise de características das peças.

A análise deve permitir definir:

- 1) Tipo de máquina;
- 2) Arquitetura
- 3) Cursos e dimensões
- 4) Número de ferramentas
- 5) Gama de velocidades e avanços
- 6) Precisão de posicionamento
- 7) Potência

Para determinar algumas características das máquinas, há que ter em conta outras questões como o tamanho da série, a organização da empresa, etc.

As máquinas com CNC de um determinado tipo apresentam-se com distintos graus (três ou quatro ou cinco eixo de controlo, troca de velocidades, troca automática de ferramentas, troca de peças). É importante seleccionar as máquinas deste ponto de vista tendo em conta que o preço das máquinas cresce exponencialmente com o grau de automatização e que os gastos de preparação e ferramentas são mais elevados com o aumento de automatização da máquina [21].

Seleção do equipamento de controlo

Como foi referido anteriormente, os equipamentos de controlo foram evoluindo a partir da aparição no CNC, aumentando a sua capacidade de memória, de diálogo, de correção, de cálculo e de diagnóstico e tudo isto com uma repercussão mínima nos preços, prescindindo de questões como controlo de aceleração ou de compensação de erros da máquina que afetam as características funcionais. As características mais importantes de um equipamento de controlo são: a facilidade de programação; a capacidade de cálculo; a visualização gráfica; a possibilidade de correção e edição de programas e a capacidade de memória [21].

- A facilidade de programação está associada à disponibilidade de ciclos fixos de macroinstruções de programação paramétrica.
- A capacidade de cálculo de um equipamento de controlo vai desde o cálculo de correções de raio da ferramenta até ao cálculo da trajetória.
- A visualização gráfica está associada fundamentalmente aos equipamentos com programação sobre a máquina ou na oficina.
- A capacidade de memória permite em bastantes equipamentos o armazenamento de vários programas de peças.

O problema da seleção de equipamentos de controlo está ligado ao problema da máquina, da complexidade das peças, do tamanho dos lotes e da organização oficial e do número de máquinas CNC instaladas. Como regra geral para a seleção do equipamento de controlo, pode-se sugerir que à medida que cresce a complexidade

das peças, o número de programas a utilizar são também maiores, o que justifica mais claramente a opção para um equipamento de controlo mais potente [21].

Estudo económico

Os métodos utilizados para o estudo económico de alternativas de implementação de máquinas podem-se classificar em dois grupos:

- 1) Os que consideram a rentabilidade global das diversas máquinas.
- 2) Os que consideram os custos de fabricação individual produzidos sobre cada uma das máquinas.

O estudo dos custos de fabricação considera os custos completos de fabricação para uma peça. Tem que se considerar que não têm em conta os benefícios indiretos que podem contribuir de alguma forma importante para a rentabilidade global da máquina e que em alguns casos podem justificar por si só a utilização de CNC.

Os custos de fabricação podem ser classificados pelo preço de uma só vez por peça, uma só vez por lote ou uma só vez para toda a fabricação. Os custos de uma só vez por toda a fabricação devem ser repartidos pelo número total de peças do lote. Os custos unitários intervêm uma só vez por peça, independentemente do número de peças a fabricar.

O custo de fabricação por peça determina-se por [21]:

$$K_H = \frac{K_{VO}}{AL} + \frac{K_{AW}}{L} + K_E \quad (5)$$

Sendo que:

- A : número de lotes a fabricar
- L : número de peças por lote
- KVO : custos de preparação únicos
- KAW : custos de preparação por lote
- KE : custos unitários

Para seleccionar a máquina deste ponto de vista económico estuda-se os custos de fabricação sobre as diversas máquinas seleccionadas, de diversas peças representativas do conjunto e elegidas segundo distintos graus de complexidade. Na Figura 22 mostram-se os gastos de fabricação por peça, e os custos envolvidos. Este estudo permite-nos determinar que máquina nos traz resultados mais interessantes e a partir de que grau de complexidade se devem maquinar as peças sobre as máquinas seleccionadas [21].

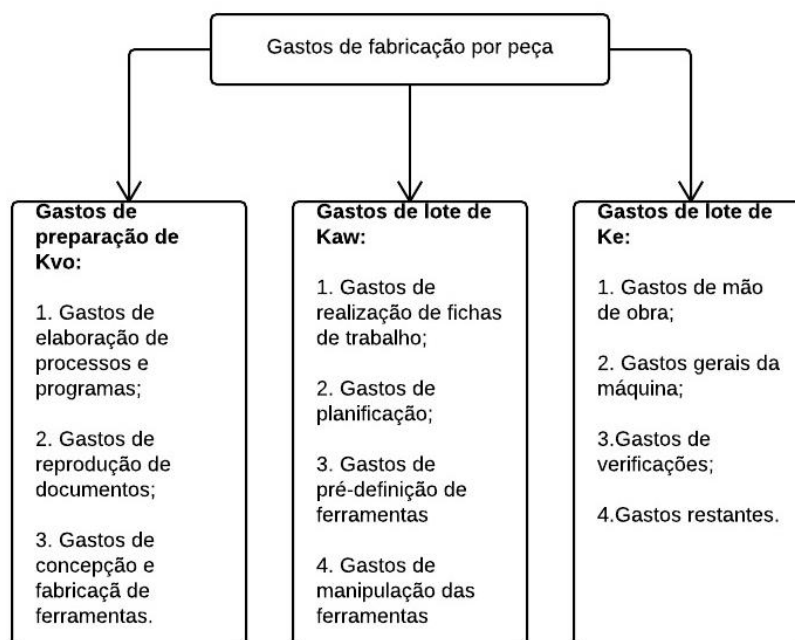


Figura 22 – Gastos de fabricação por peça (Adaptado de [21])

Conferir o número de máquinas

Uma vez seleccionada a máquina e decididas as peças que se vão maquinar sobre a mesma, não nos resta mais se não conferir o número de máquinas e sua saturação. Se são necessárias mais de uma máquina, então haverá que decidir que peças se maquinam sobre cada uma delas e quais deverão ser as suas características [21].

Plano de implementação de máquinas CNC

A falta de um plano de implementação origina problemas na utilização de máquinas CNC, prolonga a fase de colocação em marcha e compromete a rentabilidade.

Um plano de implementação deve contemplar os seguintes aspetos [21]:

- 1) Preparação geral
- 2) Seleção e formação de pessoal
- 3) Programação
- 4) Serviço de manutenção

Preparação geral

As atividades compreendidas nesta preparação geral devem situar a empresa em condições de receber uma máquina CNC.

É conveniente que desde a fase de desenho se considere as características de fabricação sobre máquinas CNC. Neste sentido devem-se seguir os seguintes passos [21]:

- 1) Prever a possibilidade de maquinar numa única montagem da peça
- 2) Normalizar furos e roscas
- 3) Utilizar um sistema de cotagem de acordo com o tipo de programação da máquina
- 4) Ter em conta as possibilidades oferecidas pelos ciclos fixos disponíveis sobre a máquina
- 5) Ter em conta todas as possibilidades de intervenção manuais

Por outra parte, é importante nesta preparação geral prever a instalação da máquina, fonte de energia necessária, possibilidades de manutenção, etc.

Quanto à localização da máquina, há que ter em conta duas tendências: a instalação da máquina dentro da secção de máquinas que corresponda pelo seu tipo; agrupamento de máquinas CNC em secções independentes.

Programação

Deve-se seleccionar o método de programação mais adequado considerando as possibilidades oferecidas pela programação assistida por computador em seus níveis distintos.

Em relação aos meios de programação, há que prever que não é só o “hardware” necessário, mas também o “software”, ainda no caso da programação manual, o que permitirá um trabalho de programação eficiente. O volume de trabalho de programação necessário para alimentar uma máquina varia amplamente em função do tipo de trabalho e do método de programação. Um valor médio é a de uma hora de programação para seis horas de funcionamento [21].

Manutenção

O pessoal especializado em manutenção é capaz de resolver cerca de 90% dos problemas que possam acontecer dentro de uma organização se estiver devidamente formado. Esses especialistas devem seguir a instalação da máquina na oficina.

Deve-se estabelecer um primeiro plano de manutenção preventivo, seleccionar o equipamento e comprar junto com a máquina, elementos de substituição que embora tenha um custo de 5% a 10% do custo da máquina, resulta numa inversão rentável [21].

Seleção e formação de pessoal

A seleção e formação de pessoal são de uma grande importância para conseguir uma eficiente utilização da máquina. O pessoal de programação deve ter uma boa experiência de maquinaria convencional, um bom conhecimento de ferramentas e métodos de fixação de peças. Este pessoal é recrutado geralmente dos preparadores de trabalho, dando-lhes uma formação relativamente às possibilidades do CNC e das fases de programação. O programador deve ser seleccionado cuidadosamente, considerando tanto os seus conhecimentos técnicos como a sua minuciosidade no trabalho.

Ao nível da oficina, o pessoal deve responder a algumas características. O operário não determina o trabalho, porque o seu papel na empresa é de apenas supervisionar as operações da máquina. Logo, deduz-se que os operários devem ter mais que uma habilidade manual para a execução do trabalho.

Em geral os operadores de máquinas CNC foram anteriormente operadores de máquinas convencionais. A este pessoal apenas é preciso dar uma formação de acordo com as novas funções.

Ainda que se possa colocar na máquina CNC um operador com qualificações baixas, a realidade é que em geral não se confia uma máquina de elevado valor a um operário pouco qualificado para o lugar [21].

Plano de implantação

Finalmente, é necessário coordenar e planificar todas as atividades compreendidas na fase de implantação.

O tempo necessário para a implantação pode ser muito variável segundo os casos, pelo que se pode considerar um tempo médio que é necessário cerca de três meses para a preparação da instalação e formação de pessoal antes da receção da máquina. Depois de receber a máquina pode-se realizar os ensaios em um mês e em cerca de dois meses a máquina e o operador encontram-se prontos para estar em grandes produções [21].

2.9.3 CAD

O desenho assistido por computador é uma tecnologia computacional que projeta um produto e documenta todo o processo do desenho. Pode facilitar o processo de fabricação de um componente através da transferência de diagramas detalhados de materiais, processos, tolerâncias de um produto e dimensões com as medidas específicas para o produto em questão. O CAD pode ser usado para produzir tanto diagramas bidimensionais como tridimensionais, que podem, em seguida, vistos de qualquer ângulo quando rodados [22].

CAD é também conhecido como Desenho e Design Assistido por Computador (CADD)

Vantagens

Existem muitas razões para se instalar um sistema computacional para auxílio de projeto [23]:

- Para aumentar a capacidade do projetista/engenheiro: conseguido pela ajuda ao projetista a visualizar o produto e seus subsistemas e peças; pela redução do tempo necessário em sintetizar, analisar e documentar o projeto. O aumento de produtividade traduz-se não somente em custos mais baixos de projeto, mas também em prazos menores para sua conclusão;
- Para melhorar a qualidade do projeto: Um sistema CAD permite análises de engenharia mais completas (da concepção ao dimensionamento final do produto) e propicia um número maior de alternativas para serem investigadas, em pouco tempo. Erros dimensionais de projeto são reduzidos. Esses fatores combinados levam a um projeto melhor;
- Para melhorar a qualidade de comunicação: O uso de sistema CAD fornece melhores desenhos de engenharia, maior padronização nos detalhes, melhor documentação do projeto, menos erros dimensionais e maior clareza de detalhes, portanto legibilidade. Sem dúvida esses fatores contribuem para uma melhor comunicação entre os utilizadores dos serviços da engenharia de produto;

– Para criar banco de dados para Manufatura: No processo de criação de um produto em CAD, automaticamente é gerado um banco de dados com informações geométricas que alimentam um futuro programador C.N. Também na geração de documentação do projeto do produto (especificação de materiais, lista de componentes, dimensões do produto, notas de desenho, número de peças, etc.) também fornecem um banco de dados para atividades de suporte em produção tais como: CAP (Computer Aided Planning), MRP (Material Requesting Planning) etc.

O sistema CAD, bem implantado, pode aumentar significativamente a produtividade do departamento de projetos, através da implantação de vários tipos de técnicas complementares [23]:

- Personalização do CAD, transformando rotinas do dia a dia de trabalho, em formas práticas de utilização;
- CAE, simulações e cálculos feitos a partir do desenho de uma peça;
- CAM, integração computador com a máquina de comando numérico.

Desvantagens

As desvantagens são poucas, embora consideráveis [23]:

- Custo associado à aquisição do Software:
- Custo associado à aquisição do Hardware específico que estas aplicações requerem:

Normalmente estão associados a estas aplicações máquinas com características especiais, como por exemplo:

- Grande velocidade de processamento;
- Placas gráficas com bastante memória e velocidade de processamento elevada;
- Monitor mínimo recomendado de 17”.
- Custo associado à formação de utilizadores:

Apesar de já existirem bastantes centros de formação, os preços relativos à formação necessária ainda não são propriamente económicos. A quantidade/qualidade dos cursos necessários depende, obviamente, das necessidades específicas do departamento de Projeto de cada Empresa.

Modelação de sólidos

Aqui é necessário ter algumas bases sobre desenho técnico, desde saber ler e interpretar desenhos entregues por parte dos clientes, quer para desenhar uma peça com uma determinada forma, desde a geometria mais simples até uma mais elaborada. Existe uma série de regras e símbolos que se deve cumprir para a realização de um projeto [19].

Os modeladores criam modelos de objetos tridimensionais sólidos, que possuem centro de massa e volume. Estes são baseados em operações booleanas (interseções, subtrações e somas. Em inglês no Inventor são usados vários botões para isso, como o “Extrude”, “Shell”, “Combine”, entre outros.).

Para se conseguir modelar uma peça, é preciso ter uma ideia dos passos a realizar ao longo de todo o processo e ter um conhecimento geral sobre modelação computacional.

Os passos para modelação estão apresentados na Figura 23, podem ser ordenados segundo:

- Criação de um desenho 2D (em inglês: “sketch”);
- Criação de um desenho 3D (em inglês: “Part”);
- Criação de uma montagem, se for necessário (em inglês: “Assembly”).

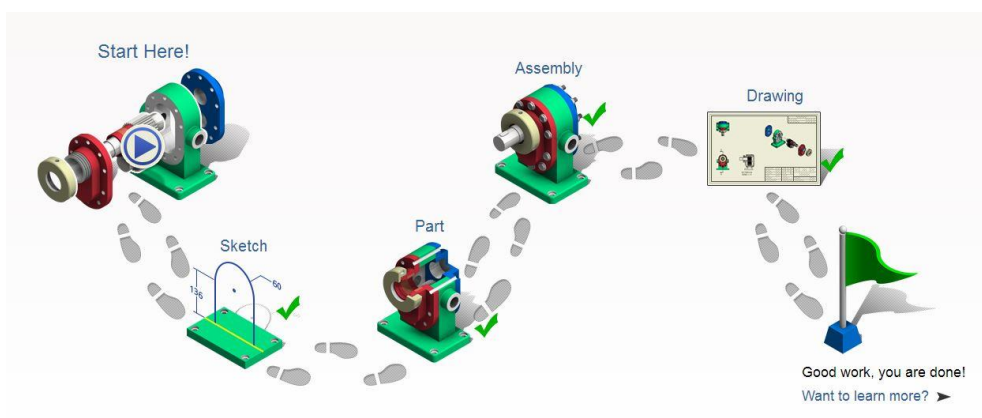


Figura 23 – Etapas do Inventor para modelação de uma peça

Formatos Neutros

Uma grande vantagem do Inventor é poder editar uma grande variedade de ficheiros em formatos neutros já criados pelos clientes da empresa, o que facilita o trabalho do desenhador, pois a peça pretendida já vem modelada e ganha-se tempo para realizar o restante trabalho pois só é necessário acrescentar os processos de CAM. Para editar esses ficheiros é necessário que estes venham num formato neutro. O mais conhecido e utilizado é o formato “step”, “ste” ou “stp”.

Existem também outros formatos como se pode ver na Figura 24, mas que apenas nos fornecem a peça em desenho com as devidas cotagens, onde é necessário posteriormente modelar o sólido e fazer o processo CAM. É o caso do formato “dwg”, “idw”, “dxf”, “dwt” entre outros. Também é capaz de editar ficheiros do SolidWorks e AutoCAD.

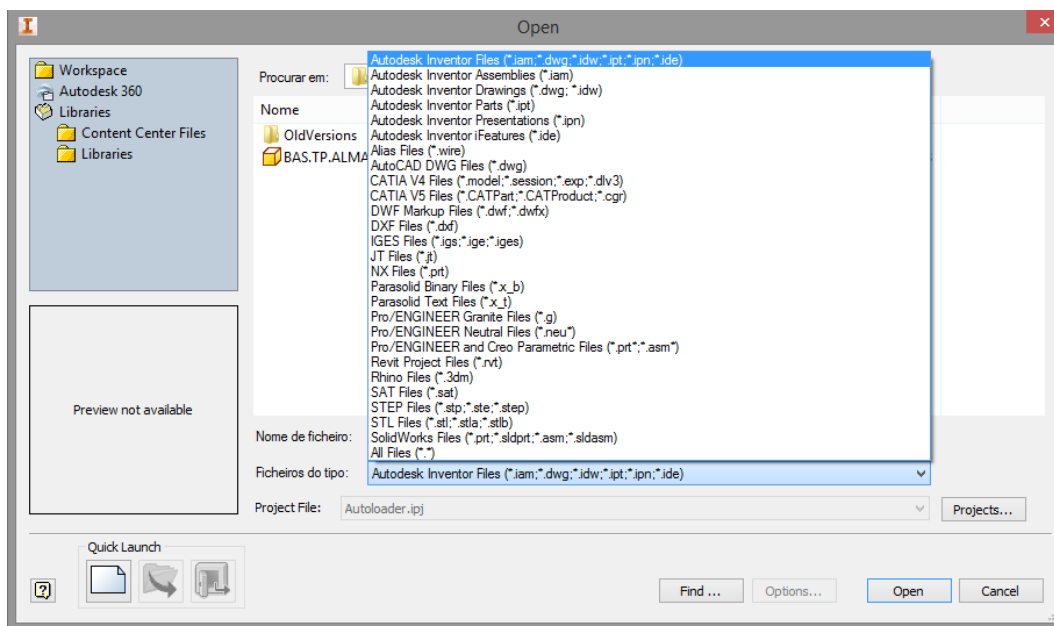


Figura 24 – Diversidade de formatos de leitura no Inventor

Problemas dos Formatos Neutros

Estes tipos de formatos têm também as suas desvantagens [24]:

- alguns formatos têm especificações ambíguas ou incompletas;
- podem surgir redundâncias;
- Alguns fabricantes de sistemas interpretam as especificações de forma particular e produzem tradutores com limitações;

O formato neutro IGES é especialmente suscetível a este tipo de problemas, pela qual tem vindo a ser substituído pelo formato STEP que se tem mostrado ser até ao momento o melhor formato neutro a utilizar.

Softwares de CAD

AutoCAD

O AutoCAD é o software de CAD mais vendido no mundo e é conhecido pelo logótipo da Figura 25. Foi um dos primeiros produtos CAD a ser comercializado a larga escala. A sua versatilidade permite que seja utilizado por engenheiros mecânicos para o desenvolvimento de produtos e moldes, assim como por arquitetos e engenheiros civis para o planeamento de infraestruturas. Em relação à qualidade do produto em si, as opiniões divergem. A realidade do AutoCAD resume-se numa interface com o utilizador antiquada, confrontando os novos utilizadores com inúmeros botões e comandos no teclado, tornando a aprendizagem mais dificultada do que seria possível [23].



Figura 25 – Logotipo AutoCAD

O enorme sucesso do AutoCAD deve-se às seguintes razões:

- foi o primeiro software CAD a estar disponível;
- é o software CAD mais pirateado do mercado;
- é o software CAD para o qual existem mais cursos de formação;
- é o software CAD para o qual existe o maior número de livros;
- é o software CAD para o qual existe o maior número de pessoas já formadas.

Inventor HSM

Comparado com o AutoCAD, o Inventor Professional da Autodesk tem maior flexibilidade e maior capacidade de adaptação a qualquer área técnica. Para uma utilização vantajosa deste programa é necessário ter bases de utilização, ou de semelhantes programas de modelação computacional. Graças à total integração com o Windows, o Inventor, usufrui da interação com outras aplicações como é o caso do Excel, em que é possível criar uma folha de cálculo cujos valores representam as dimensões da geometria da peça e esta é criada no Inventor ao chamar essa folha de Excel. Qualquer alteração na folha de cálculo origina a atualização automática da geometria no programa. Outra interação possível é carregar o ficheiro do AutoCAD, usando o mesmo desenho, forma-se o sólido segundo as medidas apresentadas ou então carregar diretamente o sólido e corrigir possíveis erros existentes. O seu logótipo de apresentação é geralmente como o da Figura 26. O manual apresentado no anexo G apresenta alguns dos passos fundamentais para a maquinação em CAM utilizando o HSM Inventor.



Figura 26 – Logotipo Autodesk Inventor

2.9.4 CAM

A *Manufatura Assistida por Computador* é uma tecnologia de aplicação que utiliza o software de computador e máquinas para facilitar e automatizar os processos de fabricação. O CAM é o sucessor de engenharia auxiliada por computador (CAE) e é frequentemente usado em conjunto com o desenho assistido por computador (CAD).

Além dos requisitos dos materiais, os sistemas CAM mais recentes incluem também controladores em tempo real e robótica [25].

Vantagens

- Aumento da produtividade devido à repetibilidade dos processos;
- Projeto com maior qualidade e de erros dimensionais reduzidos e elevada precisão de maquinagem;
- Fácil e rápida correção do produto;
- Maior eficiência e desempenho/otimização do projeto;
- Geralmente, não necessita de protótipo físico;
- Reduz os custos porque há menos erros e reduz o trabalho manual necessário na preparação da maquinagem.

Desvantagens

- Custo elevado do software e de máquinas que suportem CNC;
- Custo elevado do hardware por ser necessário utilizar computadores com elevada velocidade de processamento;
- Necessidade de mão de obra qualificada.

Função da programação CNC

Uma máquina-ferramenta CNC é composta pela estrutura e cadeia cinemática e servomecanismos responsáveis pelo movimento dos eixos e também da unidade de comando onde fica armazenado todo o software usado e onde se processam os cálculos do sistema.

Para colocar uma máquina CNC em funcionamento é necessário estabelecer um diálogo com o equipamento. Todo o comando inserido na máquina CNC necessita de um meio de comunicação entre o programador e a máquina propriamente dita. Essa comunicação é feita através de códigos ou símbolos padronizados e recebe o nome de linguagem de programação.

Com a evolução do CNC, foi necessário começar a criar uma uniformização de ideias entre os construtores de máquinas, no sentido de dar início ao uso dos códigos já padronizados pela ISO (Sistema de Padronização Internacional). Essa padronização é muito útil de maneira que os operadores se adaptam facilmente já que esses códigos utilizados são, na sua totalidade, os mesmos para qualquer máquina ou fabricante.

Linguagem de programação

São os seguintes elementos que compõem a linguagem de programação [26]:

- caractere: é um número, letra ou símbolo utilizado para uma informação (1, G, %);
- Endereço: é representado por uma letra que identifica um tipo de instrução (G, X, Y);
- Palavra: é constituída por um endereço, seguido de um valor numérico (G00, X00, F100);
- Bloco: é um conjunto de palavras que identificam uma operação (N10 G01 X105 Y52);

Uma operação é expressa por meio de quantos blocos sejam necessários para completar o programa. Esses blocos são numerados sequencialmente, com intervalos definidos pelo programador e pode-se recomeçar a numeração sempre que necessário. As funções são a base de toda a programação CNC, sendo necessário ter o conhecimento das mesmas. Essas funções dividem-se em quatro classes:

Funções sequenciais

Estas funções têm a finalidade de numerar os blocos do programa, para facilitar o acompanhamento do mesmo. A função sequencial é representada pela letra “N” seguida do algarismo que representa a sua posição no programa [26].

Exemplo:

N05 (significa bloco número 5)

Funções preparatórias

São as funções que definem o comando da máquina sobre o que fazer, preparando deste modo a máquina para uma determinada operação (deslocamento linear, circular, etc.). As funções preparatórias são representadas pela letra G seguidas de dois algarismos. Porém, os zeros à esquerda podem ser omitidos (de G00 até G99) [26].

Exemplos:

N05 G00 (significa que no bloco número 5 será executada uma operação de movimento rápido nos eixos).

N10 G01 ... (significa que no bloco número 10 será executada uma operação de movimento de interpolação linear)

Funções de posicionamento

São as funções que definem para o comando sobre onde fazer, ou seja, as coordenadas do ponto que se pretende alcançar. Essas coordenadas são programadas com a indicação do sinal algébrico, de acordo com a sua posição em relação ao sistema de referência (ponto zero). As funções de posicionamento são representadas pelas letras “X”, “Y” e “Z” [26].

- **Para tornos** -X (eixo transversal-diâmetros) e Z (eixo longitudinal-comprimentos).
- **Para centros de maquinagem** - X (longitudinal), Y (transversal) e Z (vertical).

Exemplos:

- **torno** - G10 G00 X25 Z10 (o bloco 10 será executado em movimento linear rápido para um diâmetro de 25mm e um comprimento de 10mm).
- **centro de maquinagem** - N05 G00 X25 Y15 Z-10 (o bloco 5 será executado em movimento linear rápido até à distância de 25mm em X e 15mm em Y do sistema de referência a uma profundidade de 10mm).

Funções complementares

São funções que definem para o comando sobre como fazer determinada operação, complementando as informações dos blocos de programação. As funções complementares são representadas pelas letras F, S, T e M e a programação completa pode ser como da Figura 27 [26].

Exemplos:

N05 G00 X25 Y15 Z-10 F300 S1000 (o bloco 5 será executado em movimento linear rápido até à distância de 25mm em X e 15mm em Y, do sistema de referência a uma profundidade de 10mm a uma avanço de 300mm/min com velocidade de corte de 1000rpm).

N25 T14 M6 (o bloco 25 vai executar uma procura de ferramenta, chamando a número 14 seguindo para o movimento de troca de ferramenta).

```
16 N360 G0 X139.08 Y-35.16
17 N370 G43 Z15. H14 T13
18 N390 G0 Z5.
19 N400 G98 G83 X138.68 Y-35.16 Z-30. R5. Q2. F200.
20 N410 X255.48
21 N420 G80
22 N430 Z15.
23 N450 M9
24 N460 G0 Z150.
25 N480 M5
26 N481 G0 Y144
27 N482 M0
28 N484 M9
29 N60 T13 M6
30 N70 S5000 M3
31 N80 G54.1 P48
32 N90 M8
33 N110 G0 X-154.48 Y42.55
34 N120 G43 Z15. H13 T15
35 N130 G0 Z5.
36 N140 G1 Z-2.4 F884.
37 N150 X-154.47 Z-2.56
38 N160 X-154.45 Z-2.71
39 N170 X-154.41 Y42.54 Z-2.86
```

Figura 27 – Excerto de programação CNC

Métodos de Programação

Existem três métodos de Programação:

Programação direta na Máquina – MID (Material Data Input)

O programador com a geometria à disposição define o percurso da ferramenta e transforma-o em linguagem da máquina. É utilizado em modificações, para otimização de programas na máquina e na programação de peças relativamente simples em oficinas de produção.

Programação Manual

O programador interpreta o desenho da peça, calcula os pontos da trajetória da ferramenta, preenchendo um formulário que poderá ser digitado na máquina ou enviado diretamente para o operador da máquina. Esse tipo de programação tem sido facilitada pela utilização de ciclos automáticos, sendo de fácil execução para geometrias pouco complexas [27].

Programação auxiliada por computador

Este tipo de programação é executado pelos sistemas CAD/CAM, onde a entrada é o desenho da peça ou o percurso da ferramenta. No módulo CAM do sistema, inicia-se a programação CNC que gerará um ficheiro neutro (geralmente NC).

Um terceiro novo conceito de programação CNC, conhecido na Alemanha por WOP (Wertattsortorientierte Programmierung), o utilizador inicia a programação a partir de um sistema CAD e trabalha interativamente, definindo os parâmetros geométricos, de ferramentas e tecnológicos, através de ícones gráficos. Gera-se também um ficheiro neutro, que será pós-processado [27].

Geração automática de programas de maquinagem

O programa CAM vai ler as superfícies CAD ou triangulações, que representam a geometria tridimensional que se pretende maquinar no bloco. O manuseamento do programa CAM resume-se nas seguintes operações [27]:

- Leitura da geometria CAD;
- Definição da geometria e dimensões do bloco a maquinar;
- Definição das velocidades de avanço e rotação;
- Escolha das ferramentas e métodos de maquinagem;
- Simulação dos programas gerados;
- Pós-processamento dos programas gerados para as linguagens dos diversos controladores existentes.

Existem diversos programas de CAM no mercado, que muitas das vezes trabalham interligados em pacotes de CAD/CAM e outros são programas independentes que trabalham em conjunto com qualquer aplicação CAM, dispondo de tradutores de ficheiros CAD, permitindo a leitura de diversos formatos (IGES, VDA-FS, STL).

Os programas CAM independentes (Stand Alone) têm a vantagem de poderem ser colocados junto das máquinas CNC. Este facto representa uma revolução na organização das empresas metalomecânicas, que permite que colocar o operador da máquina CNC a gerar programas. Esta tarefa era tradicionalmente executada pelo operador CAD, que após a modelação das geometrias, corria o módulo CAM para a geração de programas de maquinagem. Esses eram então entregues ao operador da máquina CNC, que os executavam, mas desta maneira surgem alguns problemas [27]:

-normalmente o operador da máquina CNC dispõe de mais experiência de maquinagem;

-o operador da máquina CNC não tem controlo sobre os programas que são executados;

-devido à falta ou erros de comunicação podem surgir erros;

-o operador CAD tem que executar a tarefa de modelação e maquinagem, logo está sempre sobrecarregado de trabalho.

A grande desvantagem é a de comprar apenas o software de CAM para utilizar no computador perto da máquina. Uma alternativa a isso pode ser simplesmente colocar um computador com um programa de edição de texto, e o operador consegue corrigir pequenos problemas como a velocidade de corte, avanço ou alterar o número da ferramenta a utilizar. Podendo também acrescentar pequenas trajetórias da ferramenta, mas não conseguindo, facilmente, alterar uma trajetória criada automaticamente pelo programa CAM porque estes criam sempre um programa demasiado complexo e torna-se difícil fazer esse tipo de alteração.

Processador

É o núcleo do sistema de programação assistida. Recolhe e traduz a informação do ficheiro do programa escrito numa linguagem e obtém um ficheiro onde se especifica a trajetória da ferramenta, condições de corte e outras, excluindo informações relativas a um controlo específico. Este ficheiro criado é regulado pela norma ISO 3592 sendo assim um ficheiro standard [28].

Pós-processador

O pós-processador é um programa que recolhe o ficheiro standard e o transforma num programa de comando numérico para uma máquina determinada. Isto significa acrescentar os códigos G, M e outra informação específica de controlo, num formato adequado para cada tipo de controlador da máquina-ferramenta e existem vários como apresentados na Figura 28.

O uso de pós-processadores permite as seguintes vantagens [28]:

- Um sistema serve para vários controladores diferentes;
- Só é necessário aprender uma linguagem de programação assistida;
- Se forem acrescentadas novas possibilidades às máquinas, uma simples actualização do software de pós-processamento permite utilizar essas alterações imediatamente;
- Se for adquirida uma nova máquina só se deverá construir um novo pós-processador.

O utilizador pode gerar um pós-processador preenchendo uma série de tabelas onde se especificam as características de um controlador concreto. As tabelas para os controladores mais usados geralmente encontram-se incluídas no software.

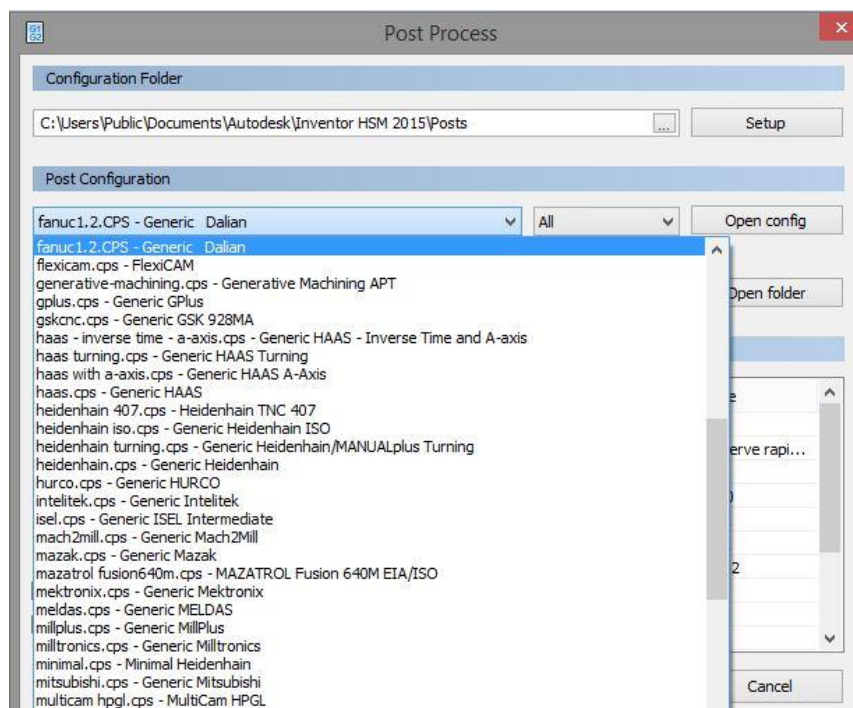


Figura 28 – Pós-processadores do Inventor HSM

Controladores de CNC

Existem muitos tipos e marcas de controladores, dentro dos quais os mais conhecidos são da FANUC, HEIDENHAIN, ACRAMATIC, HAAS, entre outras.

Os que utilizamos na empresa são unicamente controladores da Fanuc como os da Figura 29, o que facilita em muito o trabalho em estudo porque não é necessário procurar informação para outra marca de controladores e assim facilitar os estudos da melhor maneira para a comunicação entre o computador e o controlador da máquina.



Figura 29 – Controlador da Fanuc Oi-MD

O controlador Fanuc é reconhecido pelo seu elevado grau de fiabilidade.

A última geração de controladores da marca utiliza tecnologia de fibra ótica permitindo velocidades de processamento de dados superiores, bem como facilitar a expansão e suporte para novas atualizações [24]. Inclui a programação conversacional “SuperCAPI”, ecrã policromático de alta resolução, interface para placa de memória PCMCIA, ciclos fixos de maquinaria pré-programados, roscagem rígida, programação

paramétrica e sistema de diagnósticos interativos [24]. Este é um dos mais rápidos e melhores sistemas de controlo numérico existente no mercado.

Comunicação com os Controladores

O envio dos programas de maquinagem criados quer manualmente num editor de texto, quer automaticamente utilizando um software CAM, têm de ser transmitidos para o controlador da máquina CNC. Para isso, os controladores dispõem de um ou mais dispositivos de entrada, nomeadamente [27]:

- porta série (RS-232);
- porta USB;
- placa de rede (BNC ou RJ-45);
- drive de disquetes;
- cartão de memória.

A porta série ou a placa de rede são os dispositivos mais comuns das máquinas CNC e o envio dos programas de maquinagem fazem-se segundo o protocolo DNC.

O protocolo DNC consiste no envio do programa de maquinagem, bloco a bloco, em modo texto. O computador que envia o programa apenas aguarda os sinais “X-ON” e “X-OFF”. Quando o controlador envia o sinal “X-ON”, o computador envia blocos, até que o controlador envie o sinal “X-OFF”. Sempre que o *Buffer* fica sem espaço de armazenamento, a memória coloca os blocos em fila de espera para serem executados [29].

Para programas curtos, a utilização de disquetes ou do cartão de memória é bastante simples e direto, quando o formato utilizado é comum com o computador. No entanto, a disquete além de já se encontrar em desuso, tem a limitação de espaço de memória reduzido impedindo assim a transmissão de programas de maquinagem grandes, que são gerados, por exemplo, pelos programas CAM. O que não acontece com o cartão de memória [29].

Controlo Numérico Direto

Quando a programação é assistida por computador, o formato de saída é adequado para ser distribuído por uma cadeia ininterrupta de computadores e máquinas. Além disso, a distribuição baseada em computador incorpora funções de administração da biblioteca de programas de peças. A cada programa é atribuído um único nome que corresponde ao seu ficheiro. Os softwares de DNC como o da Figura 30, encarregam-se de verificar o estado das revisões e o catálogo de ficheiros, ou seja, dos programas de peças [28].

As mudanças de desenho, com os correspondentes programas, podem ser atualizadas nas máquinas em questão de minutos, em vez de horas ou dias, que às vezes podem ser demorados se forem utilizados outros métodos.

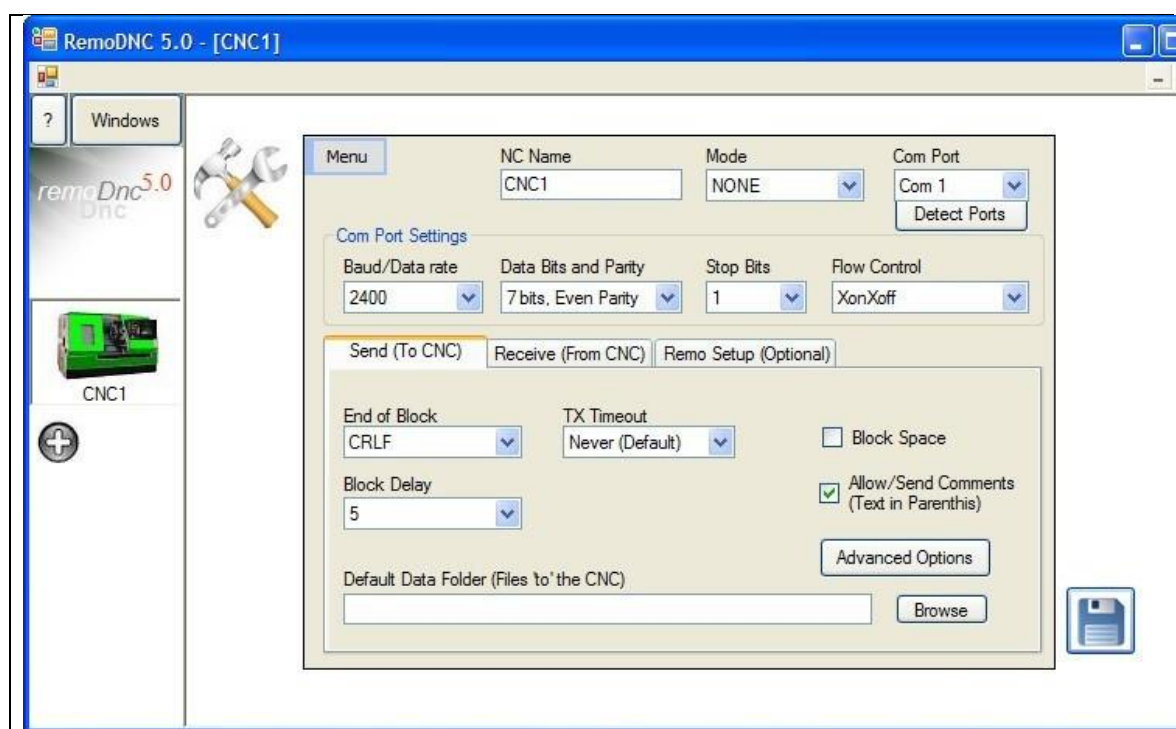


Figura 30 – Software de controlo numérico direto da RemoDNC

Funções de um sistema DNC

Como já se referiu, o DNC é um sistema composto por “hardware” e “software” que permite a interconexão de computador a partir do qual se administram os programas e as máquinas de CNC [28].

Funções básicas:

- Distribuição de programas;
- Administração dos programas;

Funções adicionais:

- Vigilância do estado de execução dos programas;
- Vigilância do estado da máquina e das ferramentas;
- Protocolo de avarias;
- Programação de materiais e ferramentas;
- Processamento de ordens de produção e estatísticas.

Programação de Maquinagem

É nesta área que se utiliza a parte do software de maquinagem através dos processos delineados no computador. Existem diversas operações para fazer a maquinagem, e torna-se necessário fazer um estudo para fazer uma maquinagem que seja lucrativa em relação ganhos/prejuízos. Para isso, é necessário ter conhecimento da lista de ferramentas que temos na empresa, determinar a velocidade de rotação, avanço e profundidade para maquinar, como apresentado na Figura 31, e assim aumentar a duração de vida da ferramenta.

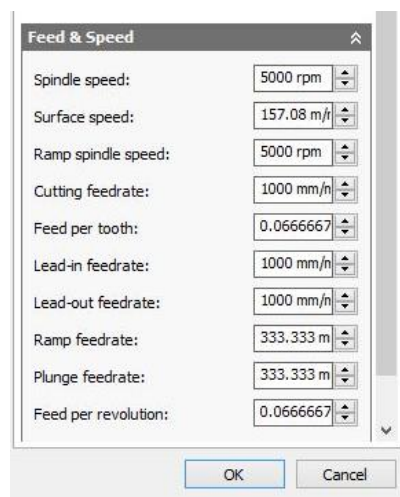


Figura 31 – Especificações de velocidades e avanços no HSM

Estratégias de Maquinagem

As estratégias de maquinagem podem ser divididas em cinco grupos, sendo eles o desbaste, re-desbaste, semi-acabamento, o acabamento e a furação.

As operações de desbaste têm como função remover a maior quantidade de material do bloco que não será utilizado, no menor espaço de tempo possível. Nesta operação é sempre deixada uma sobre espessura de material com o objetivo de proteger a peça, pois o acabamento obtido é fraco.

Existem duas estratégias de desbaste:

Desbaste plano: É uma estratégia em que a fresa faz passagens com uma largura especificada e com um incremento fixo em Z, que acontecem apenas quando cada camada estiver completamente removida. Estes incrementos são designados por “stepover” e “stepdown” na grande maioria dos softwares e dependem essencialmente do material e do tipo de ferramenta.

Desbaste adaptativo: Esta forma de desbaste consiste em remover o material camada a camada, por planos, mas, além disso, permite adaptar-se a geometrias que são seleccionadas com um incremento que pode ser especificado.

O re-desbaste é utilizado depois do desbaste, que consiste em utilizar uma fresa de diâmetro inferior ao utilizado no desbaste para maquinar as zonas que não estavam acessíveis à fresa que realizou o desbaste devido à sua dimensão. Esta estratégia baseia-se na operação de desbaste, pois a fresa apenas vai maquinar as zonas onde existe excesso de material, evitando assim passagens já realizadas, o que diminui significativamente o tempo de maquinagem, conservando uma sobre espessura de maquinagem [8].

O semi-acabamento é outra estratégia que consiste em realizar um acabamento onde se mantém uma sobre espessura com a finalidade de permitir que no acabamento se obtenha uma superfície com uma rugosidade superficial menor ou quando há o risco de a fresa partir devido à sua reduzida dimensão, quando se passa diretamente para o acabamento [8].

O acabamento tem a função de remover a sobre-espessura de material que é deixada pelas outras estratégias. Para o efeito, existem diversas estratégias:

Facejamento: Esta operação de acabamento é utilizada para fazer o acabamento na face superior da peça, de certa forma é uma operação que faz uma limpeza superficial e não pode ser utilizada para fazer o acabamento de um plano inferior. Pode ser definido o lado de ataque e a direção da maquinagem da ferramenta.

Acabamento 2D por Contorno: Este acabamento apenas se movimenta segundo um plano XY, podendo ser utilizada para fazer degraus, superiores ou inferiores, mas sempre com a forma do plano inicial escolhido.

Acabamento 3D Horizontal: Neste tipo de acabamento é definido o passo lateral da ferramenta relativamente à superfície 3D, o que é muito bom quando a peça possui zonas planas. Porém esta estratégia apresenta algumas falhas quando existem zonas inclinadas acima dos 30º, em que não é possível utilizar esta estratégia.

Acabamento 3D por Rampa: Este é um acabamento com um trajeto da ferramenta contínuo em torno da peça a maquinar. O seu incremento é em rampa, isto é, tem uma descida linear enquanto se movimenta a volta da peça.

Acabamento 3D por Contorno: A maquinagem em acabamento 3D por contorno consiste numa maquinagem em que é definido o passo em Z da ferramenta, e esta vai-se adaptando à geometria da peça, como no desbaste adaptativo.

Acabamento de cantos (redução de raios e Scallop): As estratégias de acabamento de cantos têm como função diminuir a quantidade de material deixado nos cantos, assim como o re-desbaste.

Furação: Esta estratégia pode ser utilizada para realizar furos dos mais variados tipos. Podem-se realizar furos com vários tipos de incrementos como, por exemplo, contínuo ou retração total por cada incremento. O método é escolhido tendo em conta as velocidades utilizadas, ou o material a furar devido à rigidez.

CAM na orçamentação

Na orçamentação o posto de programação CAM passaria a ter um papel importante na estimativa de tempos para maquinagem das peças solicitadas. A estimativa de tempos de maquinagem é obtida após a simulação de maquinagem, dependendo da complexidade da peça e dos parâmetros calculados pelo programador. O uso do CAM na orçamentação seria de duas maneiras [6]:

- A primeira é da rapidez de programação para orçamentos rápidos, em que o programador terá de elaborar o programa o mais rápido possível, com o intuito de obter rapidamente um tempo indicativo para a maquinagem da peça. Porém, por vezes fica em falta algum processo para melhorar o acabamento da peça ou então uma velocidade mal calculada, o que indica que o tempo fornecido inicialmente está incorreto e que irá sofrer um aumento devido ao acréscimo do processo em falta, por exemplo.
- A segunda maneira é se a empresa pretendesse obter um tempo realista do programa final. Já para a maquinagem da peça sem qualquer erro ou falta de processos, o posto CAM levará bem mais tempo a realizar este programa, e será realizado de uma maneira mais cautelosa e atenta.

Os tempos poderão sofrer posteriormente uma alteração, com base em alguns fatores que depois seriam definidos pela orçamentação ou pela própria administração. O programa elaborado para a orçamentação poderá ser útil para a preparação e produção para definir as gamas de fabrico, tempos de maquinagem em cada posto, ferramentas a utilizar em cada operação e até mesmo a maquinagem das peças [6].

3 Descrição atual da empresa

A empresa que envolve o caso de estudo desta Dissertação, está inserida na área da Metalomecânica. Designada por Preserie Lda., situa-se no parque da zona industrial Lote 14, apresenta-se como na Figura 32. Esta empresa possui várias áreas de produção, nomeadamente produção através de CNC em tornos ou fresadoras, produção manual utilizando uma fresadora convencional, rebarbadora, serra entre outros. E também possui uma área para oxidação e anodização dos componentes.

A empresa foi fundada em 2010, por dois empresários: Sr. Paulo Ribeiro e Sr. Osvaldo Santos, tendo por atividade a fabricação de moldes para diversas empresas, que neste momento se encontra ainda em melhoria de metodologia. Começou a produzir pequenos componentes, peças em plástico de consumos constantes o que era praticamente de fácil escoamento de material.



Figura 32 – Imagem da Preserie Lda.

Estrutura organizacional

Esta empresa emprega cerca de 10 funcionários. A estrutura organizacional é de hierarquia simples, pois é uma empresa pequena do tipo familiar. As habilitações literárias da mão de obra existente são maioritariamente do 12º ano em diversas áreas como, por exemplo, em administração empresarial e eletrónica e comunicações, sendo que não se encontram a tirar proveito das bases de estudo desses operários. Os restantes trabalhadores têm menos habilitações literárias sendo que as suas habilitações profissionais foram adquiridas pela experiência ao longo dos anos de trabalho na área. Neste campo, cada funcionário é capaz de realizar trabalhos em qualquer tipo de máquina existente na empresa.

Desde a abertura da empresa nenhum operário teve um complemento de formação na área de trabalho. Os patrões da empresa para além de funcionários são também responsáveis por grande parte da organização comercial, isto é, pela angariação de clientes, serviço de vendas e serviço de compra de matérias-primas. A rececionista apresenta as habilitações literárias do 12º ano e é responsável pelo atendimento ao público e pela organização da faturação e inserção da ficha dos clientes na base de dados.

Matéria-prima

O material necessário para proceder à realização de determinado trabalho é requerido perto do início de execução do mesmo. O stock existente na empresa é de materiais de consumo constante ou de sobras de materiais de trabalhos anteriores. O armazenamento das matérias-primas é colocado em estantes existentes no edifício, mas o material não se encontra catalogado nem é de fácil identificação, isto é, não existe um inventário da quantidade de material existente nem qual a variabilidade deste quer da forma quer do tipo, nem se encontra identificado através de código de cores ou fornecedor. A Figura 33 mostra o stock atual da empresa.



Figura 33 – Stock de matéria prima na Preserie

Ferramentas

Na empresa, não existe um armazém de ferramentas, o que torna o controlo do consumo de ferramentas difícil como exposto na Figura 34. Para além de estas estarem espalhadas pelas máquinas e por algumas estantes, não tinha a catalogação das ferramentas existentes, nem um planeamento para compra das ferramentas mais consumidas para ter em stock. Isto provocava dois problemas sistemáticos: a frequente procura pelo espaço da empresa da ferramenta necessária para a execução de um trabalho, o que causa prejuízo por estar a ser utilizado tempo desnecessário e sem valor para a peça; segundo, não era possível saber a quantidade de ferramentas existente nem o seu estado para possível utilização, ou quebra de ferramenta.



Figura 34 – Armazenamento das ferramentas na Preserie

Processos de maquinagem e execução dos serviços (modus operandi atual)

A grande parte dos processos de maquinagem existente na empresa é realizada em máquinas CNC, mas o aproveitamento de tal equipamento é razoavelmente baixo, e também há produção de algumas peças em máquinas convencionais. Os equipamentos encontram-se listados na Tabela 7. Os equipamentos existentes na empresa já têm alguns anos de utilização, mas encontram-se em razoável estado de conservação. Verificou-se ser necessária alguma manutenção aos equipamentos, mas também a limpeza das máquinas-ferramentas e dos postos de trabalho.

Tabela 7 – Listagem das máquinas existentes na Preserie

Máquina	Marca	Modelo	Controlador
Centro de Maquinagem	Feeler	FVP-1000A	Fanuc Series Oi-MD
Centro de Maquinagem	Dalian	VDL-600A	Fanuc Series Oi-MC
Fresadora Universal	VERNIER	FV270	DITRON D60
Torno Mecânico	HAAS	SL10	HAAS
Torno Mecânico	Mexica	360	NUM
Torno Mecânico	Hitachi	Hitec-Turn 23R	SEICOS LMult
Torno Mecânico	Shanghai	HYK20	GSK CNC 980
Torno Mecânico	Focus CNC	FBL120	Fanuc Oi-TD
Torno Mecânico	Focus CNC	FCL200	Fanuc Oi-TD
Torno Mecânico	Hitachi	Hitec-Turn 23R	SEICOS LMult
Torno Automático	TRAUB	A25	--
Torno Automático	Ergomat	TD26	--
Furadora de Coluna	BELFLEX	PF-7045-FG-TP	--
Furadora de Coluna	SYOÉRIC	SO30	--
Furadora de Coluna	EFI	FA31	--
Furadora de Coluna	DISOL	DP16	--
Lixadora	BURR KING	760	--

O equipamento apresentado não tem sido sujeito a qualquer tipo de manutenção preventiva ao longo dos anos de funcionamento, sendo reparado no momento em que acontece uma avaria da máquina-ferramenta. Tem uma grande desvantagem porque existe uma demora a reparar a máquina e por vezes a manutenção preventiva evita que certas avarias aconteçam com frequência. A paragem da máquina acarreta também o atraso de produção.

Por vezes, são feitos apoios especiais para a maquinagem de peças mais complexas, ou com geometrias mais complicadas. Estes encostos e apoios não apresentavam qualquer precisão geométrica, pois são feitos em serralharia convencional. Quando são necessárias fresas especiais, a empresa recorre a fornecedores.

A zona de produção da fábrica mostra alguma desarrumação, pois existem vários materiais espalhados, como os apoios de maquinagem, algumas fresas gastas misturadas com fresas em boas condições, material sobrante de outros trabalhos entre outros. Alguns destes problemas são visíveis na Figura 35. Como cada funcionário não está restrito a um posto de trabalho era importante cada espaço estar minimamente arrumado e pronto a ser utilizado em qualquer situação de maneira a ter os materiais de fácil acesso e de preferência catalogado. As áreas de trabalho ainda não se encontram delimitadas com linhas amarelas, o espaço entre os postos de trabalho é muitas vezes ocupado com materiais que não permitem a passagem de pessoas ou do material de trabalho de maneira fluída.



Figura 35 – Desorganização das ferramentas, apoios e chaves de aperto na Preserie

Por sua vez, a maquinagem abrange vários processos de fabrico, tendo como exemplo os seguintes processos executados na empresa em estudo: torneamento, fresagem, furação, roscagem, limagem, lixagem, retificação e serragem. No caso dos processos de fresagem e torneamento são utilizados equipamentos de CNC, mas apenas têm sido utilizados como CN.

A programação, na área das fresadoras, é apenas realizada por um operário que ao longo dos anos de experiência foi adquirindo conhecimentos básicos sobre a programação CNC, código G, código M entre outras funções necessárias para colocar em funcionamento uma máquina-ferramenta. Este funcionário nunca teve uma formação na área, o que seria uma mais valia para este se conseguisse adquirir ainda mais conhecimentos da área. A programação é realizada através do software “bloco de notas” que está incorporado em qualquer computador comum e guarda os ficheiros em “txt” que de seguida é guardado no cartão e inserido na máquina.

Este operário procede à programação do código a utilizar para ambas as máquinas-ferramentas, como mostra a Figura 36, em que existe apenas um computador fixo perto das duas máquinas-ferramentas, o que torna o trabalho excessivo porque além da programação, este operário também faz afinação e colocação das peças numa das fresadoras.



Figura 36 – Operário a programar junto da fresadora CNC na Preserie

Na área dos tornos também existe apenas um operário capaz de proceder à programação nos variados tornos, tendo que se deslocar várias vezes aos restantes tornos, afastando-se e distraíndo-se do trabalho que se possa encontrar a realizar.

Organização geral do trabalho

O trabalho e a programação desenvolvida dependem única e exclusivamente da competência técnica e experiência dos trabalhadores da empresa. A produtividade da empresa está associada às competências físicas e psicológicas de cada trabalhador, e existe pouca organização inserida em computador.

Na condição de ambiente produtivo, a empresa interage com uma grande variedade de entidades como clientes, fornecedores, empresas concorrentes, etc. O volume de trabalho está dependente da procura dos clientes. A procura de fornecedores está dependente do trabalho que se pretende realizar no momento.

Ao nível do Layout da empresa, as máquinas estão organizadas por secções como, por exemplo: zona das fresadoras, zona dos tornos, zona das furadoras e há também uma área para o material a cortar na serra, mas não segue qualquer tipo de modelo organizacional. O local para a programação em CNC é realizada no meio do ambiente de produção, isto é, o computador que é utilizado para escrever o código encontra-se encostado à fresadora. Esta situação causa um grande desconforto para quem se encontra a programar, devido a existir uma quantidade de ruído considerável deixando o nível de concentração afetado com o barulho.

Outros parâmetros

Devido à inexistência de um gabinete de controlo de qualidade, a empresa não possui uma forma de garantir a qualidade dos seus produtos de maneira fiável. O controlo das peças produzidas é efetuado em momentos, não estabelecidos, e com instrumentos de medida que não se encontram aferidos nem se possui o conhecimento das condições de calibração de cada instrumento.

Os instrumentos que mais se utilizam na empresa são as fitas métricas e os paquímetros, apresentados na Figura 37, com utilização um pouco descuidada visto que não têm local apropriado para armazenamento. Estes ficam arrumados perto de peças, o que pode causar pequenos impactos, em cima das máquinas o que pode causar aquecimento do material do paquímetro, e outros fatores que acabam por descalibrar facilmente os instrumentos. Existe também uma coluna de medição, para dar apoio ao controlo de qualidade, mas que sofre da mesma limitação de não se conhecer a sua calibração.



Figura 37 – Instrumentos de medição da Preserie

4 Propostas de Desenvolvimento

Durante todo o estudo na empresa foi possível identificar os mais variados problemas que afetam direta e indiretamente a produção. Essas lacunas existentes conduzem também a gastos desnecessários dentro da organização, que se deveriam evitar porque são prejuízos que não se podem ter.

Desse estudo foi possível estabelecer algumas propostas de melhorias e aquisição de algumas ferramentas de apoio à produção e que permite a flexibilidade do trabalho a ser produzido. Estas propostas apontam ainda no sentido de promover a melhoria contínua da organização e aumentar os lucros da empresa a longo prazo.

4.1 Implementação CAD/CAM

A implementação de CAD e CAM na empresa é um ponto forte para a sua evolução. Para que esta proposta seja efetuada com sucesso é necessário ponderar alguns aspetos, como a compra do software que mais se adequa ao tipo de produção, e contratar um desenhador ou programador com as habilitações necessárias para uma utilização proveitosa do software. A implementação de CAD e CAM deve ser ponderada em conjunto com os recursos da empresa, uma vez que a compra do software também engloba a contratação de um desenhador, logo inclui o pagamento de mais um ordenado. Uma vez que os custos do software de desenho são elevados, no planeamento deve prever-se a compra do programa, e com o salário do desenhador durante o tempo estabelecido pela licença do programa.

Aquisição de um software CAD/CAM

Uma das grandes vantagens da utilização de sistemas CAD é a reutilização de elementos de construção em que o mesmo elemento pode ser utilizado várias vezes, mudando só alguns dos seus parâmetros dimensionais. Este ponto facilita em grande parte os programas a ser realizados porque o programador ao alterar o elemento de construção no software CAD, ao carregar para o software de CAM ele irá atualizar e processar a informação, realizando um novo código numérico com os parâmetros dimensionais novos.

Com o software adequado para CAM, a facilidade com que se consegue programar e maquinar é muito maior do que a programação manual, que se utiliza atualmente na empresa. Os parâmetros de maquinagem no programa já se encontram previamente estabelecidos para que se evitem, por vezes, erros de esquecimento. Todos os parâmetros podem ser alterados através do software, podendo estes estar de acordo com o centro de maquinagem, se for definido pelo desenhador. Um dos pontos que o software já pode estar de acordo com o centro de maquinagem, e é uma mais valia para a redução do tempo de preparação da máquina, é a standardização das posições das ferramentas na máquina, isto é, por exemplo, da posição T1 até a T18 (deixando da T19 a T24 para ferramentas especiais, ou pouco utilizadas) colocar as ferramentas mais utilizadas pela empresa na produção, e colocar essas ferramentas exatamente na mesma posição numérica na biblioteca do software de CAM. No anexo F é possível visualizar alguns dos softwares existentes no mercado atualmente.

Contratação de um desenhador/programador

A contratação de um desenhador constituía uma mais-valia para a empresa. Como parte dos trabalhos realizados se prende com a conceção de componentes era importante a utilização de um sistema de desenho CAD para permitir não só a construção dos trabalhos propostos como para o desenvolvimento e conceção utilizando o software de CAD.

A função do desenhador/programador além de saber realizar a modelação computacional, também necessita de ter noções de programação, como por exemplo códigos G e M, para que consiga utilizar o software de CAD/CAM na sua totalidade.

O conjunto de competências necessárias que um programador de máquinas deve possuir para preparar os programas pode ser dividido em duas categorias: Programador com perfil mínimo e perfil desejado.

Perfil mínimo

- Saber usar as máquinas convencionais, porque em alguns casos o programa é feito a partir de um modelo sólido;
- Saber ler e interpretar um desenho técnico;
- Conhecer no geral as funções de programação;
- Possuir conhecimento para cálculos de geometria e trigonometria;
- Conhecer as rotinas usadas pelo operador;
- Possuir conhecimentos sobre os principais parâmetros de corte;
- Ter algum conhecimento de materiais.
- Conhecer sistemas de fixação de peças e dispositivos especiais;

Perfil desejado

- Possuir todos os conhecimentos anteriores;
- Possuir conhecimentos sobre todas as estratégias de maquinagem;
- Ter grande domínio na resolução de problemas;
- Ter experiência na utilização das ferramentas de corte, especialmente em metal duro;
- Possuir sólidos conhecimentos de programação e operação da máquina;
- Saber escolher o tipo de metal duro em função do material e parâmetros de corte;
- Ter conhecimentos de informática e eletrónica;
- Ter conhecimentos sobre programação CAM

Como uma máquina CNC é considerada mais complexa que a máquina convencional, é de esperar que a procura deva ser por profissionais que saibam administrar essa complexidade.

Com a contratação do programador, o tempo de preparação de códigos numéricos iria ficar reduzido a uma questão de segundos, porque como a programação no computador é mais rápida que a programação manual, o programador iria ter tempo de proceder à realização dos códigos dos componentes a fabricar posteriormente e assim poder adiantar a programação dos trabalhos futuros.

Com a produção de peças próprias, a empresa também ficaria exposta a outra área de trabalho, que é a de fabricação de um produto próprio, podendo desenhar, programar e fabricar todos os componentes necessários para criar um produto próprio.

4.2 Departamentalização

A departamentalização trata-se da divisão das funções da empresa e de agrupamento das atividades e recursos em unidades organizacionais. A partir da especialização, a departamentalização tende para um aproveitamento dos recursos disponíveis da forma mais eficiente, a fim de controlar e coordenar as responsabilidades dentro da empresa e os conflitos de interesses existente na organização.

A departamentalização por funções da empresa tem como vantagens a especialização de tarefas, levando a uma maior satisfação e melhor aproveitamento dos funcionários. No entanto, uma grande concentração de especialização do trabalho afeta a visão de conjunto na organização, o que pode por vezes causar uma insegurança quando existe um crescimento na organização.

Gabinete técnico

Com a contratação de um desenhador previa-se também a criação de um gabinete de projeto que permitisse a conceção de desenhos técnicos, mas também uma análise de engenharia aos produtos a serem produzidos. A função deste departamento seria a da conceção de novos projetos, estudo de peças enviadas pelos clientes, dimensionamento e criação de desenhos técnicos, programação CNC, criação de fichas de acompanhamento de produção.

Departamento de controlo de produção

Com a departamentalização, seria necessário criar um gabinete para controlar toda a produção da empresa. Uma vez que a informação a circular seria cada vez maior, é de grande importância que exista, pelo menos um ou mais funcionários, para proceder ao controlo e inserir toda a informação na base de dados de uma forma organizada. Uma vez que este departamento além de interagir com os outros departamentos, também recebe grande parte da informação da área de produção e da área de stock, e posteriormente, entra em contato com o gabinete responsável por encomendar as matérias primas.

Recolha e tratamento de dados para Controlo de Produção

Alguns dados que são fundamentais para um controlo de produção podem ser:

- Dados relativos às horas e peças produzidas por cada funcionário, utilizando folhas de serviço assinadas por cada funcionário. Este procedimento seria uma maneira simples de começar a implementar uma pequena organização; Como exemplo da folha de serviço do anexo C
- Fazer um acompanhamento regular da folha de acompanhamento de produção, e no final analisar todos os valores e inserir na base de dados; Como o exemplo da folha de trabalho do anexo C.
- Informação da quantidade de peças produzidas e tempo total de produção retirados da memória da máquina;
- Contagem e pesagem de toda a matéria prima que entra na empresa, pesagem de todos os componentes que saem da empresa, deduzindo a quantidade de matéria prima que saiu em forma de apara.

Departamento de Controlo de qualidade

A criação de um departamento de controlo de qualidade para que se valorize mais a qualidade de produção e em especial a valorização da empresa, porque abrange clientes mais rigorosos e produtos mais elaborados. Este departamento visa regularizar a produção periodicamente de maneira a detetar erros e corrigir rapidamente, de forma a evitar que grandes quantidades de peças acabem sem utilidade.

Aquisição de ferramentas de controlo

A empresa já se encontra com alguns instrumentos de medição, mas que até certo ponto se tornam ineficientes para uma correta medição. Existe no mercado uma grande variedade de produtos, fornecedores, marcas, preços, mas é necessário procurar realizar uma análise à qualidade que se pretende atingir no processo de produção, medidas máximas de comprimentos e alturas que normalmente os componentes costumam atingir, entre outros aspetos, para que se possa proceder à avaliação, escolha e custo dos instrumentos. Como o exemplo dos instrumentos no anexo E.

Ferramentaria

Para a organização das ferramentas da empresa, seria necessário localizar uma zona para a ferramentaria em que o acesso a esta, apenas seria através de um pedido de requisição de ferramenta unicamente com um motivo para essa requisição. Desta forma evitar-se-ia as ferramentas espalhadas pela empresa, contabilizavam-se as ferramentas que se partiram e controlava-se grande parte das ferramentas que não estão catalogadas nem guardadas, mas que ainda se encontram em perfeitas condições de utilização.

4.3 Hierarquização da empresa

Hierarquia é a distribuição ordenada dos poderes com dependências sucessivas entre uns e outros, em ordem crescente de acordo com a responsabilidade dentro da empresa.

A hierarquização da empresa pode ser representada pelos diferentes níveis de autoridade encontrados dentro da sua organização. Apesar de possuírem autonomia, estão em parte, ligados entre si e existe sempre uma grande dependência para transferir informação entre os patamares da hierarquia.

Como a empresa se encontra com o tipo de hierarquia simples, em que apenas existe a diferenciação entre os sócio-gerentes e os trabalhadores, uma proposta de evolução pode ser tornar a organização numa hierarquia funcional, isto é, com a criação de departamentos e com alguma formação de trabalhadores em áreas mais específicas é possível criar postos de trabalho com funções individuais e aumentar a responsabilidade e competências dos trabalhadores existentes na empresa.

Formação dos trabalhadores

A capacidade física e mental de cada operário bem como a experiência que adquiriu ao longo dos anos é o fator número um de produtividade deste tipo de empresas. Cada operário deveria fazer um curso de formação técnica sobre o manuseamento deste tipo de máquinas, assim como uma abordagem sobre métodos e procedimentos de trabalho.

Uma empresa com quadros qualificados apresenta maior capacidade produtiva, maior capacidade de adaptação às mudanças do mercado e maior competitividade do que uma empresa com um nível de qualificação dos seus quadros mais baixos.

A formação pode ser implementada na área da produção, mas poderia ser mais do que um tipo de formação, e ser mais abrangente, focando-se em áreas como, por exemplo, a metrologia, o controlo de produção, a administração e gestão empresarial ou formação em CAD/CAM.

Outra possibilidade é a criação de um gabinete de estudos que permitisse facultar aos trabalhadores a informação detalhada sobre cada trabalho a ser executado e manuseamento das máquinas existentes na empresa. Uma formação igualmente importante dentro da empresa para todos os trabalhadores é a de higiene e segurança no trabalho, para que deste modo se evitem acidentes e se diminuam os riscos de acidentes de trabalho. Como proposto anteriormente é necessária a contratação de um desenhador/projetista para tratar da documentação técnica do trabalho e agregado a isto, era preciso uma pessoa com qualificação técnica e experiência de trabalho suficiente que para em cada peça a produzir, fornecesse a sequência dos processos de maquinagem. Este tipo de informação deveria ser posteriormente armazenado numa base de dados onde se reunisse toda a informação. Desta forma permitir-se-ia que para cada trabalho semelhante ao já realizado, as instruções de trabalho estivessem préviamente estabelecidas.

Contratação de novos operários

Com a possível implementação de outros departamentos, bem como a especialização de alguns dos funcionários, será necessário contratar outros trabalhadores para os lugares dos funcionários que subiram de posição na empresa, caso seja possível.

A contratação de novos funcionários, deve ser ponderada segundo os conhecimentos na área da metalomecânica. Nas escolas das redondezas, já é possível encontrar turmas em que a área de estudo é a da metalomecânica e isso traz algumas regalias quando se trata de avaliar uma nova contratação, porque não é necessário estar a perder tempo e dispensar alguma ajuda monetária para dar uma formação de base a esses novos funcionários, uma vez que já têm um certo conhecimento geral sobre o posto de trabalho que podem ocupar nas máquinas.

4.4 Criação de uma rede industrial

O ponto mais forte para que a informação circule de maneira mais rápida e segura entre o PC e as máquinas, é a criação de uma rede informática industrial. A criação de uma rede industrial traz um grande número de pontos vantajosos como, por exemplo:

- Troca de códigos numéricos, ou correção dos códigos, entre o PC e a máquina mais facilitados;
- Possibilidade de troca de dados de produção como, por exemplo, tempos de maquinagem, número de peças fabricadas, entre a máquina e o PC;
- Segurança no envio da informação, uma vez que deixa de existir a possibilidade de óleos ou outros produtos danifiquem como pode acontecer com os cartões de memória;
- Circulação de informação restrita apenas dentro da rede, em que apenas as pessoas responsáveis por funções similares se encontram em contato com esse tipo informação, ficando a empresa mais sigilosa a clientes ou produtos mais importantes;

Existem duas maneiras de criar uma rede informática. A maneira mais simples, mas que traz algum trabalho e muitos cabos que ficam espalhados pela empresa, é a ligação LAN, isto é, todas as máquinas ficam ligadas fisicamente ao PC. Outra forma de criar, é utilizando uma ligação Wi-Fi, que tem vantagem perante a ligação LAN, porque evita os cabos espalhados pela empresa e tem maior flexibilidade se existirem alterações do layout uma vez que não utiliza cabos para ligar a máquina ao PC. A desvantagem é que utiliza componentes com um custo mais elevado do que simplesmente os cabos. Ambos os casos estão descritos no anexo D, apresentando os valores de alguns dos materiais fundamentais para a implementação de uma rede industrial.

5 Conclusão e Sugestões para Trabalhos Futuros

O rendimento do trabalho da empresa está dependente de vários fatores, como a melhoria dos métodos de trabalho e da articulação dos processos de produção, gestão da informação e interação dos meios tecnológicos existentes com o ambiente externo à empresa.

Com a implementação deste projeto no setor CNC da Preserie, pretendia-se uma melhoria dos métodos de trabalho e a criação de melhores condições de trabalho, através da aplicação de metodologias Lean, visando uma redução dos tempos de preparação das máquinas e fundamentalmente trabalhar de uma forma organizada e com mais eficiência. A organização da informação é o ponto que se considera fundamental a ser implementado de momento, para se conseguir maximizar os recursos e minimizar os meios utilizados, de forma a controlar e gerir toda a informação que circula na empresa. Este tipo de empresas são ultrapassadas no mercado por falta de rigor no tratamento da informação porque pensam tratar-se de matéria considerada desnecessária ao funcionamento da mesma.

A gestão de produção envolve várias vertentes que atingem todos os ramos da organização, desde a indústria, comércio e serviços. Desta maneira seria proveitoso a divisionalização da empresa e atribuição de responsabilidades por cada departamento criado. A empresa em estudo encaixa-se nesta visão de crescimento, com a ideia de melhorar os procedimentos do controlo de gestão de processo. Embora a Preserie apresente um software bom para introduzir toda a informação, está a ser mal utilizado, uma vez que não está a ser utilizado para o controlo oficial. Esta má utilização do software reflete-se na rentabilidade mais reduzida no que corresponde a uma boa gestão.

Na oficina da empresa, são apresentadas atualmente muitas dificuldades em conseguir controlar as ferramentas de corte, sendo uma preocupação saber distinguir se estão a ter elevados gastos com a compra ou retificação das ferramentas existentes na área de produção.

A implementação de serviços de apoio à produção, fundamentalmente, serviços de CAD e CAM permitiria à empresa um avanço em relação aos concorrentes no mercado e modernização e evolução da própria empresa. Estes serviços causam um aumento da capacidade de produção, adaptando-se à atual grande indústria, aumentando assim a uma maior variedade de produção e quase sem limites (apenas fica limitado às dimensões das máquinas CNC). A criação de um departamento de controlo de qualidade, também é fundamental, porque cada vez o mercado se encontra mais competitivo e em busca de peças mais complexas e com maior qualidade dimensional. Para isso, a empresa teria de adquirir mais instrumentos de medição, de preferência digitais e com saída de dados para se transferir sempre toda a informação para uma base de dados organizada.

O estudo para a implementação de um sistema CAD/CAM na empresa era o objetivo importante desta dissertação, mostrando que não iria aumentar unicamente a produção, mas também avaliar uma melhoria do processo produtivo, criando uma ficha técnica para o operador, reduzindo assim o tempo perdido em trocas repetitivas de informação. Com esta alteração maximizar-se-ia o tempo de produção nas máquinas CNC, pois este é um ponto em que os equipamentos ficavam maioritariamente parados enquanto o operador realizava a programação manual dos códigos numéricos.

Estão criadas algumas das condições favoráveis para a abordagem ao objetivo específico deste projeto, ou seja, criação da rede industrial e implementação de CAD/CAM, mas ainda é necessária uma maior organização dos dados de produção, e departamentalização da empresa, para que os objetivos sejam concretizados com sucesso. Ainda existem alguns problemas que merecem ser abordados e estudados num trabalho futuro, que podem ser essenciais para a evolução da empresa.

É evidente que numa empresa com uma boa experiência de atividade como a Preserie, em que as práticas e os hábitos de trabalho foram persistindo ao longo dos anos de existência, a mudança nunca será fácil, nem simples, uma vez que se trata de uma empresa familiar e ainda não se encontra com muita motivação para inovar e seguir em direção à evolução. No entanto, com as soluções apresentadas, os

resultados esperados podem não ser obtidos a curto prazo, mas estão criadas bases para que futuramente se possa rumar em definitivo pelo caminho da melhoria contínua, não só no setor CNC, mas em toda a organização em geral.

Sugestões para Trabalhos futuros

Sempre com a perspetiva da melhoria contínua, sugerem-se soluções que podem ser desenvolvidos no futuro por forma a complementar esta dissertação.

- **Criação de um stock mínimo de pastilhas e ferramentas de corte**, para prevenir rutura de stocks de ferramentas e a consequente paragem das máquinas.
- **Centralização dos programas CNC**, onde todos os programas seriam armazenados e, quando necessário, reajustados. Podem ser realizada através de um portátil com grande capacidade de memória ou um disco externo.
- **Criação de um departamento de controlo de qualidade**, onde estariam todos os instrumentos de medição, calibrados, e devidamente identificados.
- **Estudo para implementação da filosofia do 5S**, de maneira a organizar e identificar melhor todos os locais onde se encontram, por exemplo, os apoios para a maquinagem e as ferramentas manuais para aperto. Uma organização com o cuidado de manter perto do operador os materiais que este utiliza mais regularmente, e mais afastado os materiais que o operador utilizada muito poucas vezes.

Bibliografia

- [1] M. Dias, Mecatrónica - Apostila, São Paulo: CATALISA, 2006.
- [2] A. C. e. E. Lecoeur, Analyse des Travaux, Paris: Librairie Delagrave, 1971.
- [3] “Apontamentos de Organização da Produção da licenciatura de Eng. Mecânica,” 2012/13.
- [4] M. L. P. L. Menezes, “Estudo de um Sistema de Controlo de Processos numa Empresa Metalomecânica,” U.M., Guimarães, 2013.
- [5] “Apontamentos de Gestão de Produção da licenciatura de Eng. Mecânica,” 2012/13.
- [6] J. P. Pinto, Gestão de Operações, Porto: Lidel, 2006.
- [7] P. M. A. Moreira, “Organização e Controlo da Produção numa Empresa de Manufatura Metalomecânica,” U.M., Guimarães, 2012.
- [8] <http://www.ebah.pt/content/ABAAABNTEAB/tipos-estruturas-organizacionais-tga-2?part=4>, acessado a 11/06/15.
- [9] V. T. d. Freitas, “Organização de uma Pequena Unidade Fabril,” U.M., Guimarães, 2014.
- [10] M. P. G. e. E. W. Zimmers, CAD/CAM computer aided design and manufacturing, Prentice-Hall.
- [11] <http://www.lean.org.br/5-principios.aspx>, acessado a 12/06/15.
- [12] <https://bloglean.wordpress.com/tag/8-desperdicios-lean/>, acessado a 12/06/15.
- [13] <http://www.monografias.com/trabajos82/herramientas-lean-manufacturing/herramientas-lean-manufacturing2.shtml>, acessado a 12/06/15.
- [14] <https://www.portal-gestao.com/item/6005-ferramentas-e-metodologias-do-lean-thinking.html>, acessado a 13/06/15.
- [15] <http://www.ecrconsultoria.com.br/biblioteca/artigos/gestao-da-producao/o-tpm-viabilizando-a-implantacao-do-lean>, acessado a 12/06/15.
- [16] <http://melhoriacontinua.blogs.sapo.pt/tag/smed+lean+setup>, acessado a 14/06/15.
- [17] <http://pt.primaverabss.com/pt/catalogo/solucoes-setoriais/industria/manufacturing/>, 07/07/15.
- [18] http://wiki.ued.ipleiria.pt/wikiEngenharia/index.php/Processos_de_Maquina%C3%A7

C3%A3o, acessido a 04/02/15.

- [19] <https://sites.google.com/a/catim.pt/metalopedia/>, acessido a 04/02/15.
- [20] E. B. M. Carneiro, "Procedimentos para Fabrico de Componentes por CNC," U.M., Guimarães, 2012.
- [21] SECO, Catálogo das ferramentas, 2012.
- [22] I. Group, Control Numerico: conceptos y programación, Bilbao: Ediciones Tecnicas Izaro.
- [23] <http://www.techopedia.com/definition/2063/computer-aided-design-cad>, acessido a 05/02/15.
- [24] F. P. e. R. Ribeiro, "RESPIFE," FEUP, Porto, 2004/05.
- [25] R. J. C. d. M. Figueira, CAD CAE CAM CIM, Porto: Instituto Politécnico do Porto, 2002/3.
- [26] <http://www.techopedia.com/definition/4698/computer-aided-manufacturing-cam>, acessido a 02/04/15.
- [27] C. Monteiro, Apontamentos das aulas CNC, 2014/15.
- [28] http://www.dei.isep.ipp.pt/~paf/proj/Julho2003/CAD_CAE_CAM_CIM.pdf, acessido a 04/02/15.
- [29] Lazaro, Cap 10 _ CAD/CAM, 2004/5.
- [30] http://es.wikipedia.org/wiki/Protocolo_XON/XOFF, acessido a 08/02/2015.

Anexos

Anexo A - Layout das instalações

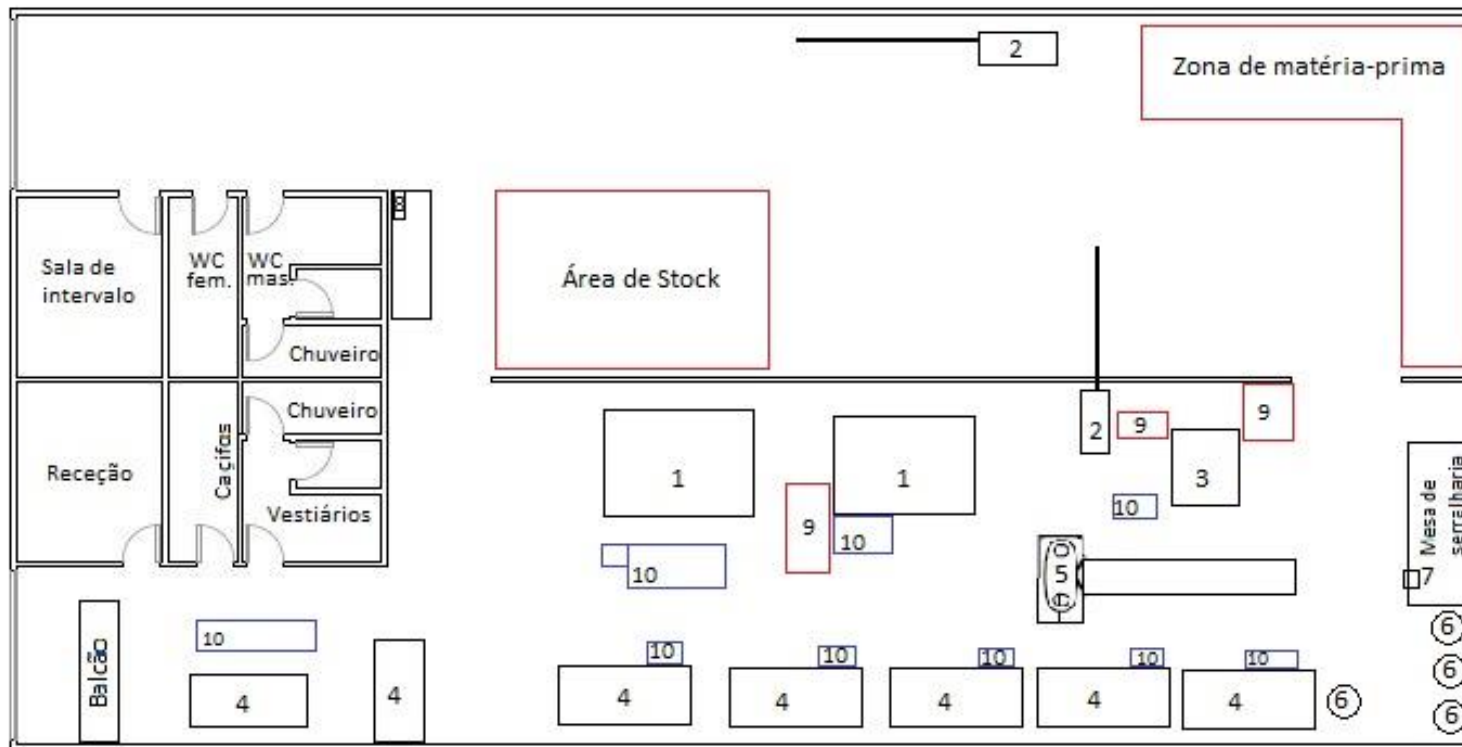


Figura 38 – Layout das instalações da Preserie

- 1- Centros de maquinagem CNC
- 3- Fresadora Universal
- 5- Serra automática
- 7- Lixadora
- 9- Ferramentaria

- 2- Torno automático
- 4- Torno mecânico CNC
- 6- Furadora de coluna
- 8- Balança
- 10- Mesa de colocação de peças e ferramentas




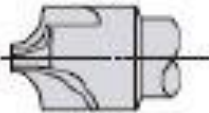
Anexo B – Parâmetros de maquinagem

Este anexo apresenta, de forma sucinta, todos os parâmetros necessários para realizar a maquinagem utilizando CNC. Como por exemplo a escolha das ferramentas segundo a forma, o número de arestas de corte da ferramenta, o material da ferramenta e os dados mais importantes para a maquinagem que são as velocidades.

-Geometria das ferramentas

As principais características das ferramentas podem ser apresentadas na Tabela 8, segundo a diversidade do formato.

Tabela 8 – Características das ferramentas [19]

Tipo	Formato	Característica
Paralelo		<p>O tipo paralelo é utilizado para maquinar rasgos, contornos e fresagem a 90°.</p> <p>Pode ser utilizado para desbaste, semiacabamento e acabamento.</p>
Cónicas		<p>Pode ser utilizada para fresagem de protótipos de moldes e faces em ângulo.</p>
Desbaste		<p>Os dentes de desbaste possuem um formato de onda que produz pequenas limalhas. A resistência à maquinação é baixa e é apropriada para desbaste. Não pode ser utilizada para acabamento. A face do dente é reafiavel.</p>
Forma		<p>Neste exemplo a fresa tem um formato específico que permite passar de quinas vivas para uma aresta com raio, mas este tipo de ferramenta pode ser produzido com infinitas formas.</p>

Além da diversidade de formas apresentadas, as fresas de topo podem ter múltiplas arestas de corte como representadas na Figura 39.

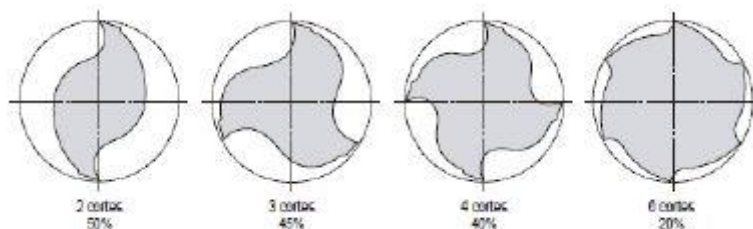


Figura 39 – Formas de fresas [19]

Cada configuração é apropriada para um tipo de aplicação específica, apresentando vantagens e desvantagens que se encontram na Tabela 9.

Tabela 9 – Características das arestas da ferramenta [19]

		2 arestas	3 arestas	4 arestas	6 arestas
Características	Vantagem	A saída das limalhas é excelente. Indicada para a maquinagem em mergulho. Baixo esforço de corte.	A saída das limalhas é excelente. Indicada para maquinagem em mergulho.	Alta rigidez.	Alta rigidez. Durabilidade superior da aresta de corte.
	Desvantagem	Baixa rigidez.	Diâmetro não é fácil de medir.	Baixa saída de limalhas.	Baixa saída de limalhas.
Aplicação		Rasgos, contornos, mergulho, etc. Ampla aplicação.	Rasgos, contornos. Desbaste, acabamento.	Pequenos rebaixos, contorno. Acabamento.	Material com alta dureza. Pequenos rebaixos, contornos.

-material da ferramenta

O material em que a ferramenta é construída pode ser variado, conforme a utilidade que se pretende. Alguns exemplos de materiais podem ser visualizados na Tabela 10.

Tabela 10 – Material da ferramenta [8]

Material	Característica
Aço-Carbono	Usado a temperatura baixa Baixas velocidades de corte
Aço Rápido (HSS)	Elevada dureza a altas temperaturas Elevada resistência mecânica Altas velocidades de corte (3 a 4 vezes superiores ao Aço-Carbono)
Metal Duro	Elevada Dureza Elevada resistência mecânica Altas velocidades de corte (6 vezes superiores ao Aço-Rápido)
Cerâmica	Elevada dureza a altas temperaturas Baixa Condutividade Térmica Não reagem com a peça Altas velocidades de corte (4 vezes superiores ao Metal Duro)
Diamante	Elevada dureza Permite velocidades 15 vezes superiores às de qualquer ferramenta de corte de alta velocidade
CBN (Cubic Boron Nitride)	Material de maior dureza Permite trabalhos a temperaturas de 2000°C

-Dados de corte

a_e	=Penetração de trabalho	(mm)	Rotação do eixo da árvore		
a_p	=Profundidade de corte	(mm)		$n = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi \cdot D_c}$	(rpm) (6)
D_c	=Diâmetro da fresa	(mm)	Velocidade de corte	$V_c = \frac{n \cdot \pi \cdot D_c}{1000}$	(m/min) (7)
f	=Avanço por rotação	(mm/rot)	Velocidade de avanço	$V_f = n \cdot Z_n \cdot f_z$	(mm/min) (8)
f_z	=Avanço/dente	(mm/dente)		$V_f = n \cdot Z_c \cdot f_z$	(mm/min) (9)
Z_c	=Nr efetivo de dentes (zc) p/ cálculo da veloc. de avanço ou avanço/rot		Avanço por rotação	$f = Z_n \cdot f_z$	(mm/rot) (10)
n	=Rotação do eixo da árvore	(rpm)		$f = Z_c \cdot f_z$	(mm/rot) (11)
Q	=Taxa de remoção de material	(cm ³ /min)	Taxa de remoção de material	$Q = \frac{a_e \cdot a_p \cdot V_f}{1000}$	(cm ³ /min) (12)
V_c	=Velocidade de corte	(m/min)	Velocidade de corte e rotação para cópia	$V_c = \frac{n \cdot \pi \cdot D_w}{1000}$	(m/m in) (13)
V_f	=Velocidade de avanço	(mm/min)		$n = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi \cdot D_w}$	(rpm) (14)
Z_n	=Número de dentes			$D_w = 2 \cdot \sqrt{a_p \cdot (D_c - a_p)}$	(mm) (15)

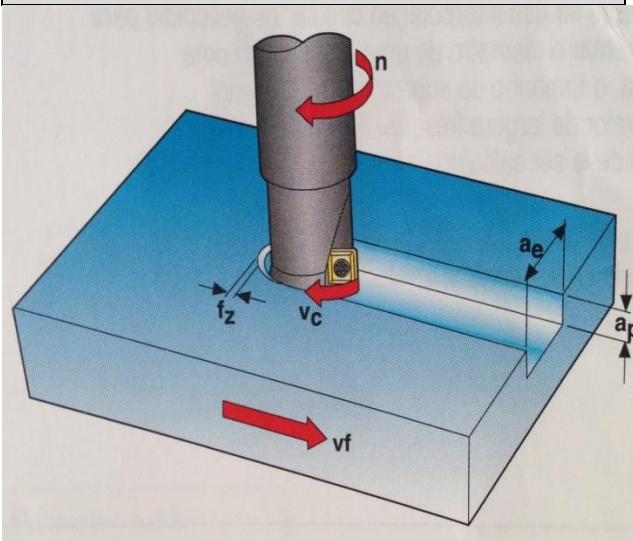


Figura 40 – Ilustração das variáveis [20]

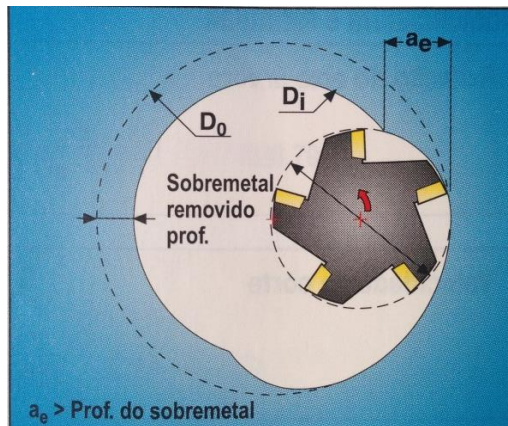


Figura 41 – Ilustração da interpolação circular interna [20]

Interpolação circular interna

Quando usamos interpolação circular ou helicoidal para aumentar o diâmetro de uma furação de uma peça, como ilustrados na Figura 41, o tamanho do sobremetal não é igual ao valor da largura fresada. A largura fresada real deve ser calculada através de [20]:

$$a_e = \frac{D_0^2 - D_i^2}{4(D_0 - D_c)} \quad (16)$$

O valor da largura fresada é então utilizado para calcular o avanço por dente e a veloc. de avanço.

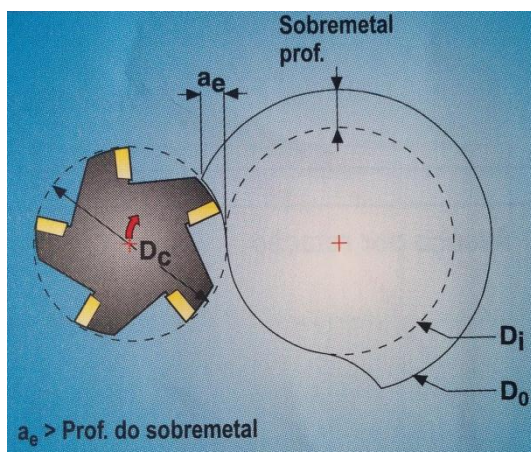


Figura 42 – Ilustração da interpolação circular externa [20]

Interpolação circular externa

Quando usamos interpolação circular ou helicoidal para diminuir o diâmetro de uma peça cilíndrica, como ilustrado na Figura 42, o tamanho do sobremetal não é igual ao valor da largura fresada. A largura fresada real deve ser calculada através [20]:

$$a_e = \frac{D_0^2 - D_i^2}{4(D_i + D_c)} \quad (17)$$

O valor da largura fresada é então utilizado para calcular o avanço por dente e a veloc. de avanço.

Velocidade de avanço em relação ao centro da fresa

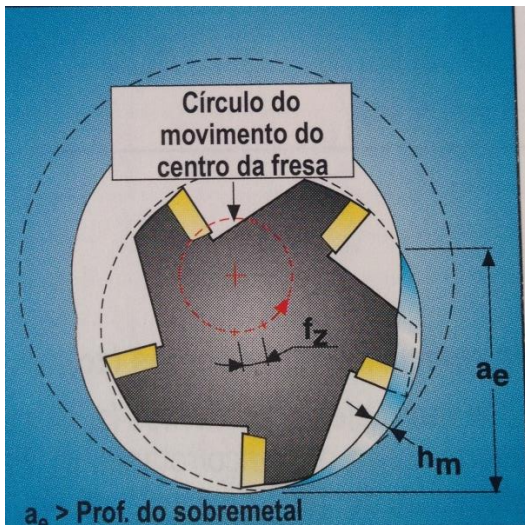


Figura 43 – Ilustração das velocidades em relação ao centro da fresa [20]

Quando calculamos a velocidade de avanço e o avanço/dente a partir da espessura média, utilizando a interpolação circular ou helicoidal em determinada operação, como exemplo na Figura 43, essas velocidades estão sempre relacionadas ao centro e não à periferia da fresa [20].

Int.

$$V_f = \frac{(D_0 - D_c) \cdot n \cdot Z_c \cdot f_z}{D_0} \quad (18)$$

Ext.

$$V_f = \frac{(D_i + D_c) \cdot n \cdot Z_c \cdot f_z}{D_i} \quad (19)$$

Fresagem de rasgos em comparação com a fresagem lateral

A fresagem pode ser feita utilizando dois métodos: A fresagem de rasgos em que se utiliza o diâmetro total da ferramenta, como na Figura 44, e a fresagem lateral em que se utiliza a altura total da ferramenta (quando é necessário) e apenas uma parte do diâmetro da ferramenta, como o exemplo da Figura 45.

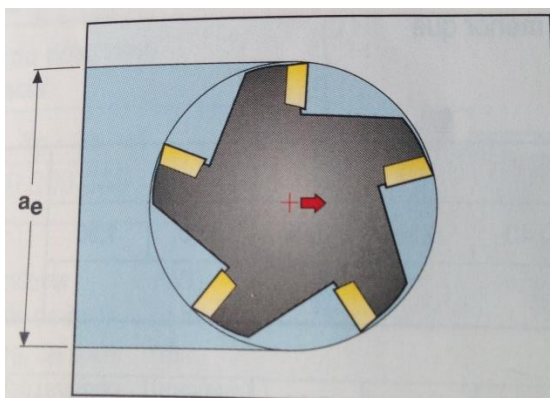


Figura 44 – Fresagem de rasgos [20]

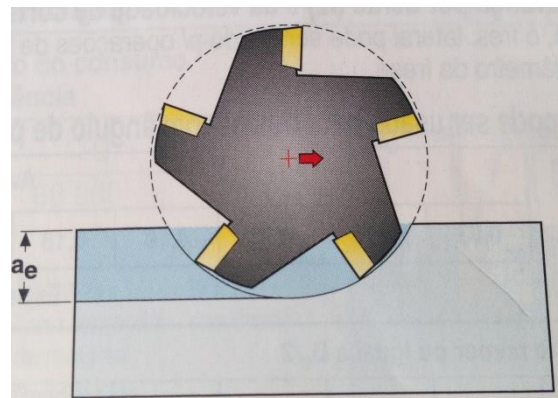


Figura 45 – Fresagem lateral [20]

Anexo C- Folha de serviço e folha de trabalho

Neste anexo encontra-se, um exemplo de folha de serviço e folha de trabalho para implementar na gestão de produção.

A folha de serviço deverá ser preenchida por cada funcionário à medida que a produção avança. A intenção desta folha é controlar os tempo de maquinagem de forma manual. O responsável pela informação preenchida passa assim para o funcionário.

A folha de trabalho tem a função mais importante de controlar todos os processos realizados na produção de cada peça ou lote. É possível que controle também o material que foi necessário para iniciar e terminar a produção do lote, e para que cliente irão as peças.



Folha de trabalho

Página __

Ref: _____

Quantidade: _____

Data inicio: __/__/____

Data entrega: __/__/____

Entrada	Fornecedores

Saida	Cliente

Outras observações:

Descrição/Operação	Recebidas	Enviadas	Responsável	Assinatura	C

Metrologia				
Nr de lote/peça	Data	Resultado	Responsável	C

Quantidade final: _____

Assinatura: _____
Data: __/__/____

Anexo D – Instalação de uma rede industrial

Este anexo apresenta dois exemplos possíveis para a implementação de uma rede industrial. Essas duas implementações são distintas, como se vê na Figura 46. Logo, são necessários componentes diferentes e encontram-se descritos de seguida. A implementação da rede traz vantagens como:

- O custo do sistema é pequeno (o custo de um STE ou STW é muito mais baixo do que um PC) assim como o tempo e os recursos humanos são reduzidos;
- Em caso de expansão, a alteração do layout CNC é rápida e de fácil adaptação;
- Tecnologia transparente, os dados podem ser redirecionados da máquina CNC para o PC. Os utilizadores não precisam gastar tempo para fazer mudanças nos programas de produção existentes;
- A centralização do CNC garante manutenção organizada e mais simplificada.

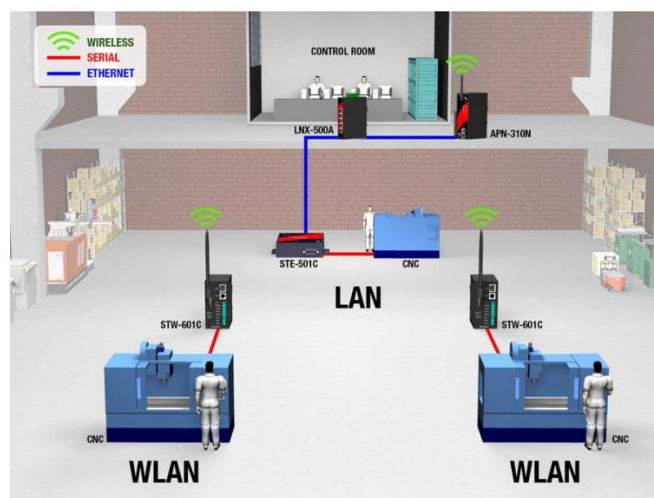


Figura 46- Exemplos de rede Wireless e LAN

Centros de maquinagem: 2

Tornos mecânicos: 8

REDE WIRELESS

Para cada máquina CNC é necessário:

-stw-601c preço: cerca de 145€ (valor convertido de dolares)

-cabos serial

Para o PC é necessário:

-APN-310N preço: cerca de 360€ (valor convertido de dolares)

REDE LAN

Para o PC é necessário:

-Lnx-500 preço: cerca de 100€ (valor convertido de dolares)

Para fazer ligação é necessário:

-STE-501c preço: cerca de 85€ (valor convertido de dolares)

-cabo

Anexo E – Lista de instrumentos de medida

Nesta secção, estão listadas alguns dos instrumentos de medida digitais que seria de grande vantagem a aquisição, preferencialmente os instrumentos que tem saída de dados, para que se possa ligar ao computador e diminuir o tempo e recursos humanos na introdução da informação para uma base de dados. Nesta lista está presente a marca, a exatidão, o intervalo de medição, o valor, entre outros parâmetros.

Balança Digital



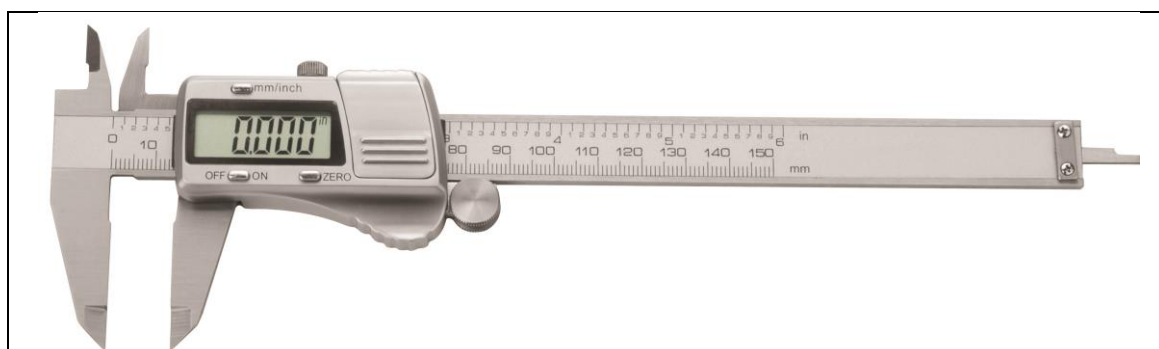
Intervalo de Medição	Resolução	Marca	Modelo	Saída de dados	Preço
0-60000g	10g	IFB	60K10DM	Sim	506€
0-50000g	20g	ECE	50K20	Não	150€
0-60000g	20g	ECE	PM 60SST	Sim	961€

Rugosímetro Digital



Força de Medição do Patim	Ângulo	Raio da ponta	Marca	Modelo	Saída de dados	Preço
0,75 (mN)	60°	2 (μm)	Mitutoyo	Surfteste SJ-310	Sim	3450€
----	90°	5 (μm)	PCE	RT 1200	Sim	2278€
----	60°	5 (μm)	Positector	SPG	Não	923€

Paquímetro Digital (simples)





Intervalo de Medição	Exatidão	Marca	Modelo	Saída de dados	Preço
0–200 (mm)	±0,02 (mm)	Mitutoyo	Abs Digimatic	Não	190€
0–200 (mm)	±0,02 (mm)	Mitutoyo	Abs Digimatic	Sim	218€
0–200 (mm)	±0,02 (mm)	Mitutoyo	Abs Digimatic IP-67	Sim	484€
0-150 (mm)	±0,01 (mm)	KRAFTWERK	2980	Não	120€
0-150 (mm)	----	STAINLESS	Hardened	Não	99.60€

Comparador Digital




Intervalo de Medição	Exatidão	Marca	Modelo	Saída de dados	Preço
12.7 (mm)	±0,02 (mm)	Mitutoyo	Abs Digimatic ID-S	Sim	142€
12.7 (mm)	±0,003 (mm)	Mitutoyo	Abs Digimatic ID-S	Sim	287€
12.5 (mm)	±0,02 (mm)	Digimess	335	Não	110€

Micrómetro Digital

					
Exterior (simples)					
Intervalo de Medição	Exatidão	Marca	Modelo	Saída de dados	Preço
50-75 (mm)	± 1 (μm)	Mitutoyo	Quantumike	Não	338€
50-75 (mm)	± 1 (μm)	Mitutoyo	Quantumike	Sim	433€
25-50 (mm)	± 1 (μm)	Mitutoyo	Abs Digimatic IP-65	Sim	319€
Interior (simples)					
Intervalo de Medição	Exatidão	Marca	Modelo	Saída de dados	Preço
10-12	± 1 (μm)	Mitutoyo	Holtest	Não	318€
10-12 (mm)	± 1 (μm)	Mitutoyo	Holtest Digimatic	Sim	920€
12-16 (mm)	± 1 (μm)	Mitutoyo	Holtest Digimatic	Sim	950€
30-40(mm)	± 1 (μm)	Mitutoyo	Holtest Digimatic	Sim	1060€

Graminho Digital (Coluna de Medição)




Intervalo de Medição	Exatidão	Marca	Modelo	Saída de dados	Preço
0-300 (mm)	±0,03 (mm)	Mitutoyo	Absolute Digimatic	Sim	565€
0-600 (mm)	±0,05 (mm)	Mitutoyo	Absolute Digimatic	Sim	989€
0-300 (mm)	±0,05 (mm)	INS	Promogdig	Não	485€

Durómetro Digital




Intervalo de Medição	Resolução	Marca	Modelo	Saída de dados	Preço
170-960 HLD	1 HLD	SAUTER	HMO	Sim	2110€
170-940 HLD	6 HLD	PCE	2800	Sim	1798€
0-999 HLD	----	SAUTER	HN-D	Não	1332€

Suta Digital

					
Intervalo de Medição	Precisão	Marca	Modelo	Saída de dados	Preço
0-360°	±0.25°	LIMIT	----	Não	59€
0-355°	±0.1°	WURTH	DIG MAXI	Não	----
0-180°	±0.1°	WURTH	DIG MINI DWM	Não	----

Máquina de medição por coordenadas (Medição Tridimensional)

					
Modelo	Intervalo	Marca	Série	Saída de dados	Preço
574	500 x 700 x 400	Mitutoyo	CRYSTA-APEX S	Sim	Desde 18.700€
7106	700 x 1000 x 600	Mitutoyo	CRYSTA-APEX S	Sim	
9206	900 x 2000 x 600	Mitutoyo	CRYSTA-APEX S	Sim	

Anexo F - Softwares de CAD e CAM

Este anexo apresenta alguns dos softwares mais utilizados na indústria deste tipo de área de trabalho. Além de apresentar o valor, também mostra a duração da licença, e reúne algumas observações que podem ser importantes quando se trata de avaliar a compra de um software deste tipo.

Software	Licença	Observações
Inventor hsm	Licença:anual Valor anual:2690 Valor mensal:335 Valor inicial: 7750	Apenas funciona a 2 eixos Trabalha com CAD e CAM
Inventor HSM pro	Licença: anual Valor anual:4230 Valor mensal:530 Valor inicial:11000	Funciona de 2.5 a 5eixos e também possibilidade de torneamento Trabalha com CAD e CAM
Inventor professional	Licença: anual Valor anual:3340 Valor mensal:420 Valor inicial:8250	Apenas trabalha com CAD
Edge CAM (Milling)	Licença: Vitalicia (com opção de atualizações anuais de valor acrescentado) Valor inicial: 7000 – 18000 (dependendo dos módulos)	Funciona de 2.5 a 5 eixos Trabalha com CAD e CAM com algumas restrições
HSM Works Pro	Licença: anual Valor anual:2690 Valor mensal:375 Valor inicial:7750	Apenas funcional com o solidworks. Funciona de 2.5 a 5 eixos e torneamento. Trabalha apenas com CAM.
SolidCAM	Licença:anual Valor inicial: 5000-14000 (dependendo do módulo)	Funciona em 2.5 , 3 e 5 eixos (módulos separados) Trabalha apenas com CAM.
AutoCAD	Licença: anual Valor anual:2000 Valor mensal:250 Valor inicial:5000	Apenas trabalha com CAD
DelCAM	Licença: vitalicia (com possível acrescimo anuais de valor acrescentado) Valor: desde 4000	Funciona de 2.5 a 5 eixos e torneamento Trabalha com CAD e CAM
PowerMILL (DelCAM)	Licença: vitalicia Valorl: +10000	Funciona em 3 ou 4/5 eixos Trabalha com CAM

Outros softwares

ESPRIT	Funciona de 2 a 5 eixos (simultaneos) E torneamento (outro módulo) Trabalha com CAM
Work NC cadcam	Funciona de 2 a 5 eixos Trabalha com CAD e CAM
CAM works	Funciona em 2 ,3 e 5 eixos (módulos individuais) ou Torneamento (em segundo módulo) Trabalha com CAM
MasterCAM	Funciona de 2.5 a 5 eixos e torneamento Trabalha com CAD e CAM

Anexo G – Manual do Inventor HSM

Índice

1. Introdução à maquinagem	2
2. Criar Setup da peça (Setup)	3
3. Definir Sistemas de Coordenadas de Origem [Set the Work Coordinate System (WCS) Origin]	3
4. Estratégias de Maquinagem 2D	4
5. Estratégias de Maquinagem 3D	5
6. Configurações da ferramenta (Tool tab settings)	9
7. Configuração da geometria (Geometry tab settings)	11
8. Configuração das alturas (Heights tab settings)	12
9. Configuração dos passos/degraus na fresagem (Passes tab settings)	13
10. Configuração dos ciclos para furação (Cycle)	14
11. Configuração do percurso (Linking tab settings).....	15
12. Simulação (Simulation)	17
13. Pós-processamento (Post processing)	18
14. Inventor HSM Editor	19

1-Introdução à maquinação

Abrindo o software, e depois de ter uma peça desenhada ou carregada através de um ficheiro neutro, é necessário prosseguir para a maquinação da peça utilizando o CAM. Para isso carrega-se no botão “CAM” e abrirá todas as opções de CAM como o exemplo da figura seguinte.

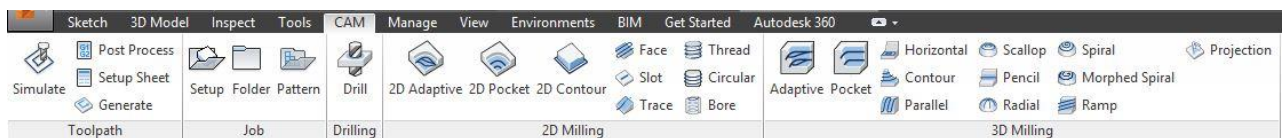


Figura 1- Barra no Inventor HSM referente ao CAM

De seguida é necessário seguir um processo de etapas definidas por:

1. Criar o Setup da peça, como apresentado na secção 2 e 3;
2. Escolher as estratégias de maquinação, que podem ser em 2D ou 3D ou 4,5D. As várias estratégias encontram-se explicadas na secção 4 e 5. Todos os percursos são criados automaticamente;
3. Depois de escolher a estratégia, o software irá pedir a ferramenta que deverá maquinar esse percurso, e todas as definições ou alterações que se podem realizar encontram-se comentadas na secção 6 sobre as velocidades, 7 sobre a geometria, 8 sobre as limitações de altura, 9 sobre os degraus de maquinação, 10 sobre o percurso que foi criado na secção 4 ou 5, e 11 sobre os ciclos de furação;
4. Depois é necessário processar toda a maquinação para código numérico, para que a máquina CNC consiga executar a peça. Utiliza-se um pós-processamento como está apresentado na secção 13;
5. Depois de clicar no botão para pós-processar a maquinação, o software abre automaticamente o editor do HSM, para que seja possível alterar e visualizar todo o código numérico, como está apresentado na secção 14. Para finalizar é apenas necessário guardar e transferir para a memória da máquina CNC.

2- Criar Setup da peça (Setup)

Normalmente, uma operação de maquinagem inicia com a criação de um programa de configuração. Essa configuração define uma série de propriedades gerais para um conjunto de operações de maquinagem, incluindo o Sistema de Coordenadas de Trabalho [Work Coordinate System (WCS)], a geometria inicial, textura, e as superfícies a maquinar. Se não for criado uma configuração manual, o software assume uma configuração com parâmetros padrão automaticamente, para prosseguir com o software.

Deve-se clicar na opção “Setup” para definir a origem do WCS e para seleccionar o modelo do utilizador. Aparecerá uma janela como a da figura ao lado.

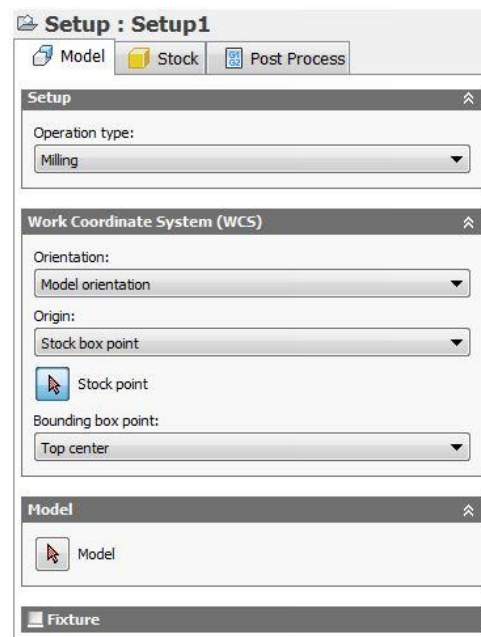


Figura 2 – Janela do Setup

3- Definir Sistemas de Coordenadas de Origem [Set the Work Coordinate System (WCS) Origin]

Na janela do desenho, o bloco de material inicial é criado automaticamente ao redor da peça, geralmente fica a 1mm dos limites laterais e limite superior da peça.

A orientação do modelo é mostrada pelas coordenadas XYZ no centro da parte superior da peça, como o exemplo ao lado.

A orientação dos eixos pode ser alterada clicando no eixo que pretendemos alterar (um eixo de cada vez), e de seguida clicar numa linha da peça ou bloco que deverá corresponder à direção pretendida.

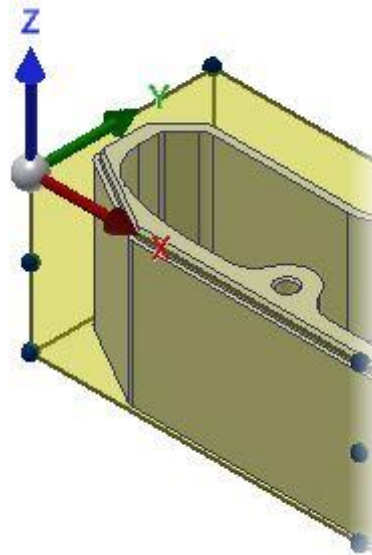


Figura 3 – Exemplo do ponto zero na peça

4- Estratégias de Maquinagem 2D

Furação(Drill)

Serve para realizar furos, escareamentos e roscas. Todas as operações são otimizadas para minimizar as viagens da ferramenta e minimizar o tempo do ciclo.

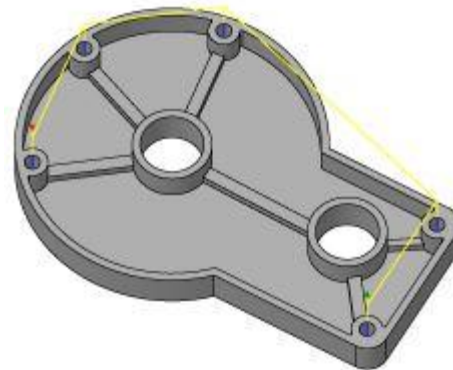


Figura 4 – Exemplo de furações

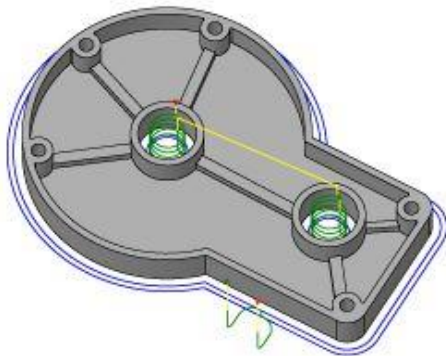


Figura 5 – Exemplo de contornagem 2D

Contornagem 2D (2D Contour)

Com a estratégia de contornagem, pode facilmente maquinar em 2D e tem a possibilidade de contornos em 3D com a repetitividade segundo degraus/passos (incorporado dentro desta estratégia), e com a possibilidade de maquinar com ou sem a compensação de ferramenta.

Desbaste convencional 2D (2D Pocket)

O percurso de desbaste em 2D começa no centro da área de desbaste e maquina o material do interior para o exterior.

A entrada pode ser seleccionada em qualquer parte do modelo e inclui as possibilidades para entrada em mergulho (“Plunge”), rampa (“Ramp”), hélice (“Helix”) ou numa posição pré-perfurados (“Predrill”).

A opção especial de alta velocidade de maquinagem cria um percurso mais suave.

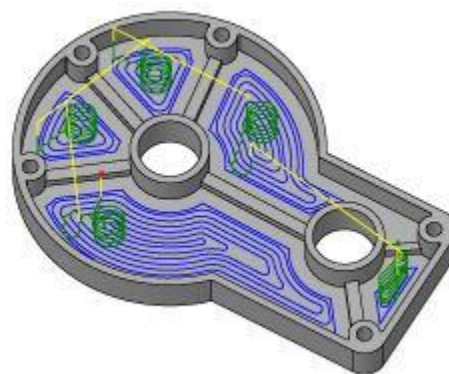


Figura 6 – Exemplo de desbaste convencional 2D

Desbaste Adaptativo 2D (2D Adaptive)

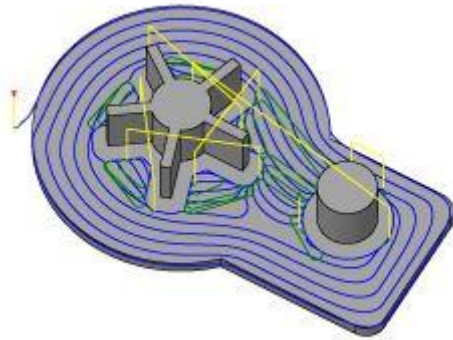


Figura 7 – Exemplo de desbaste adaptativo 2D

Esta estratégia cria um percurso em que evita desbastar o material com a largura total da ferramenta. O percurso assegura que as condições de corte permaneçam com uma força constante e estável sobre a ferramenta. Como resultado, a velocidade de avanço pode ser aumentada de forma significativa, reduzindo o tempo de processamento e que proporciona uma melhor qualidade da superfície e menos desgaste da ferramenta.

Facejamento (Face)

A estratégia de facejamento é projetada para uma maquinação rápida do bloco inicial de material, para prosseguir com o resto da maquinação. Esta estratégia também pode ser usada em geral para limpar áreas planas.

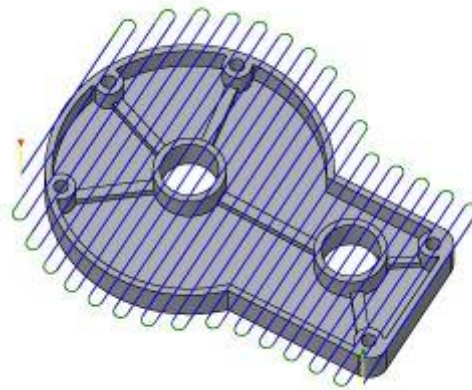


Figura 8 – Exemplo de facejamento

5- Estratégias de Maquinação 3D

Paralelas (Parallel)

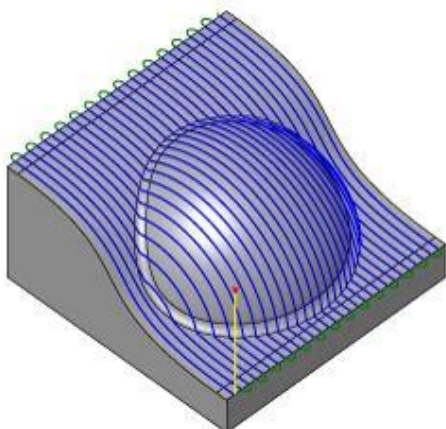


Figura 9 – Exemplo de paralelas

Percursos paralelos são um tipo de estratégia de acabamento muito utilizados. As passagens são paralelas no plano XY e seguem a superfície na direcção Z. As passagens paralelas são os mais adequados para áreas rasas e para baixa fresagem. Para detectar as áreas superficiais automaticamente, o processamento pode ser limitado a um ângulo máximo entre a ponta da ferramenta e a superfície.

Contornagem 3D (3D Contour)

A estratégia de contornagem 3D é a melhor estratégia para acabamento de paredes íngremes. Se o ângulo de inclinação é especificado, por exemplo, 30 a 90 graus, as áreas inclinadas são maquinadas, deixando as áreas superficiais até 30 graus de estratégias mais adequadas.

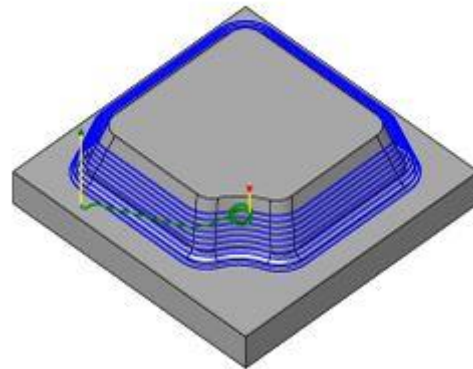


Figura 10 – Exemplo de contornagem 3D

Horizontal

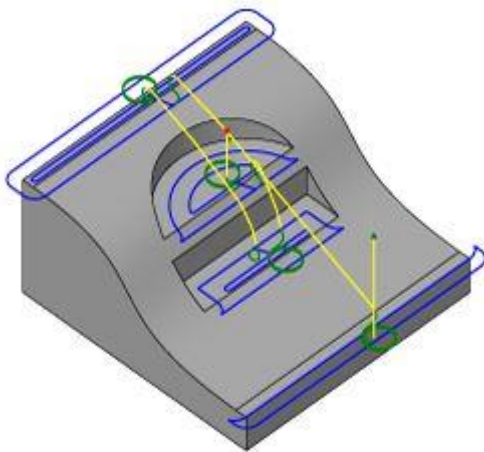


Figura 11 – Exemplo de horizontais

A estratégia Horizontal detecta automaticamente todas as áreas planas da peça e atribui um percurso à ferramenta para limpar essas superfícies com um caminho de compensação. Usando o degrau (stepdown) máximo opcional, as faces horizontais podem ser maquinadas por etapas, tornando a compensação horizontal mais adequado tanto para acabamento ou semi-acabamento.

Lápis (Pencil)

Esta estratégia cria percursos ao longo dos cantos internos e fillets com pequenos raios, removendo material que nenhuma outra ferramenta pode alcançar. Seja usando passos simples ou múltiplos, a estratégia do lápis é ideal para acabamento depois de outras estratégias de semi-acabamento.

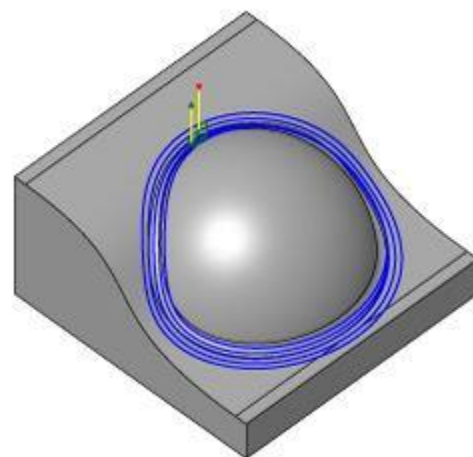


Figura 12 – Exemplo do percurso em lápis

Escalope (Scallop)

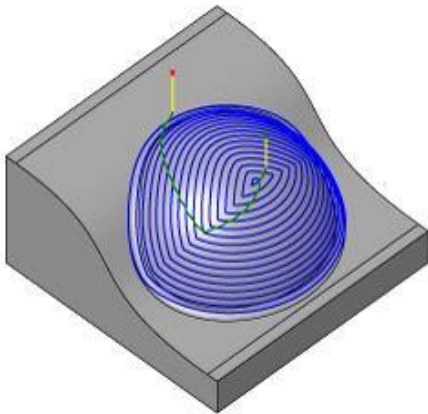


Figura 13 – Exemplo de escalope

Esta estratégia cria passagens que estão a uma distância constante uma da outra por via de compensação para o interior ao longo da superfície. É mais utilizada para maquinagem de acabamento, na sequência de uma combinação de contornagem e passos paralelos. Pode ser limitada por um intervalo de ângulos de contato.

Espiral (Spiral)

Maquinagem em espiral cria um percurso em espiral a partir de um determinado ponto no centro, originando um contato constante dentro de um intervalo de limites. É ideal para usar com um contato da ferramenta até 40 graus de ângulo, em conjunto com a contornagem passa para as faces mais verticais. O ponto central para maquinar é localizado automaticamente, ou pode ser especificado pelo utilizador.

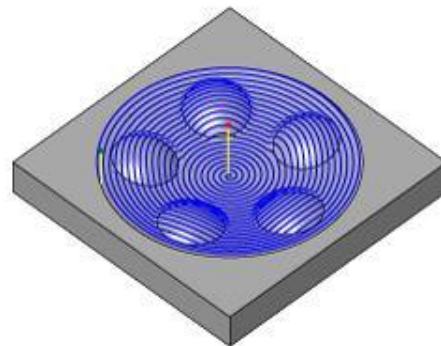


Figura 14 – Exemplo de espiral

Radial

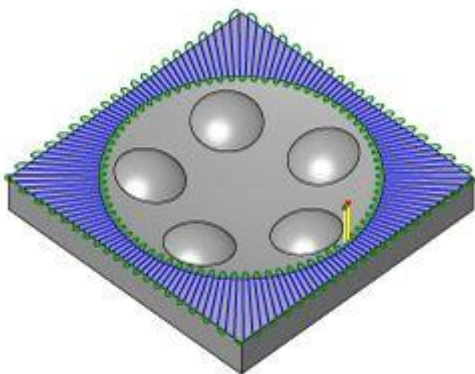


Figura 15 – Exemplo do percurso radial

A estratégia de maquinagem radial começa a partir de um ponto central. O ponto central para maquinar é localizado automaticamente, ou pode ser especificado pelo utilizador. Esta rotina também pode ser usada com ângulos de contacto de ferramenta.

Desbaste convencional 3D (3D Pocket)

Esta é uma estratégia convencional para desbastar grandes quantidades de material de forma eficaz. A peça é maquinada por camadas e com contornos suaves de deslocamento mantendo uma maquinagem estável durante toda a operação. Para evitar mergulhar a ferramenta no material, entrar na peça em rampa ao longo de uma trajetória helicoidal é o mais adequado para aumentar a duração da ferramenta.

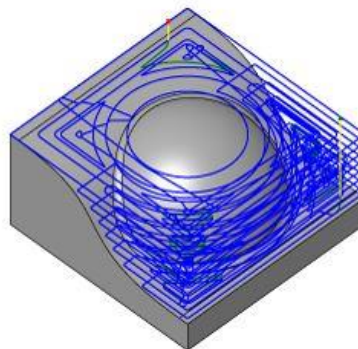


Figura 16 – Exemplo de desbaste convencional 3D

Desbaste Adaptativo 3D (3D Adaptive)

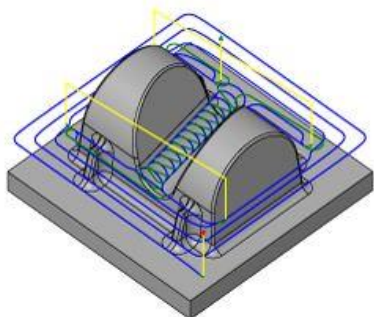


Figura 17 – Exemplo de desbaste adaptativo 3D

É uma estratégia de desbaste que oferece melhorias significativas em comparação com a estratégia de desbaste convencional. Esta estratégia evita fresagem do material com a largura total da ferramenta. O percurso gerado pelo programa assegura que as condições da ferramenta permaneçam estáveis e constantes na fresagem.

Maquinagem 3+2D (Machining 3+2)

Todas as estratégias de 2D e 3D suportam a opção de maquinagem em 3 + 2D (posicionamento de 5 eixos) que passa por rodar a cabeça da ferramenta da máquina através de uma combinação de A, B, ou C eixos de movimento. A criação de operações 3 + 2D é apenas uma questão de selecionar um plano de trabalho no ângulo pretendido. Uma vez na posição correta, todas as estratégias de maquinagem estão disponíveis.

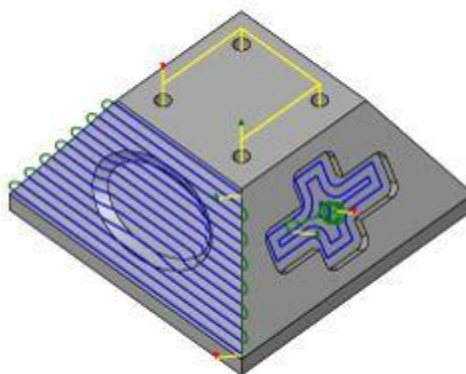


Figura 18 – Exemplo de maquinagem 4,5D

6- Configurações da ferramenta (Tool tab settings)

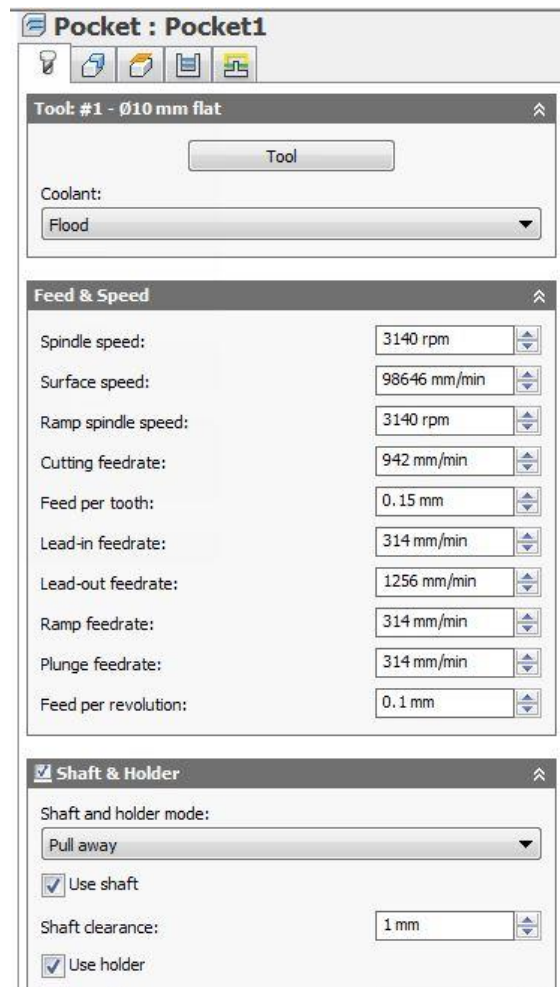


Figura 19 – Janela de configuração da ferramenta

Biblioteca de ferramentas (Tool library)

A Biblioteca de ferramenta permite gerenciar as ferramentas para os documentos e operações individuais, bem como bibliotecas de ferramentas predefinidas ou então criar ferramentas e criar suportes de fixação da ferramenta.

Refrigeração (Coolant)

Nesta opção escolhe-se o tipo de fluido de arrefecimento usado para a ferramenta, podendo ser a ar, liquido ou misto.

Velocidade do eixo (Spindle speed)

Corresponde à velocidade de rotação da árvore.

Velocidade de superfície (Surface speed)

É a velocidade do fuso, expressa como a velocidade da ferramenta sobre a superfície.

Rampa velocidade do eixo (Ramp spindle speed):

É a velocidade de rotação do fuso quando se realiza movimentos de rampa.

Avanço de corte (Cutting feedrate):

Corresponde à velocidade de avanço da ferramenta.

Avanço por dente (Feed per tooth):

Corresponde à velocidade de avanço de corte por dente.

Avanço de entrada (Lead-in feedrate):

Velocidade que é utilizada no movimento de aproximação de corte.

Avanço de saída (Lead-out feedrate):

Velocidade que é utilizada no movimento de saída logo após o processo de corte.

Avanço de rampa (Ramp feedrate):

Velocidade de entrada da ferramenta no material de stock em modo de rampa helicoidal.

Avanço de mergulho (Plunge feedrate):

Velocidade de entrada da ferramenta no material de stock em modo de mergulho.

Avanço por rotação (Feed per revolution):

O avanço da ferramenta em modo de rampa ou mergulho expressa em avanço por rotação.

7- Configuração da geometria (Geometry tab settings)

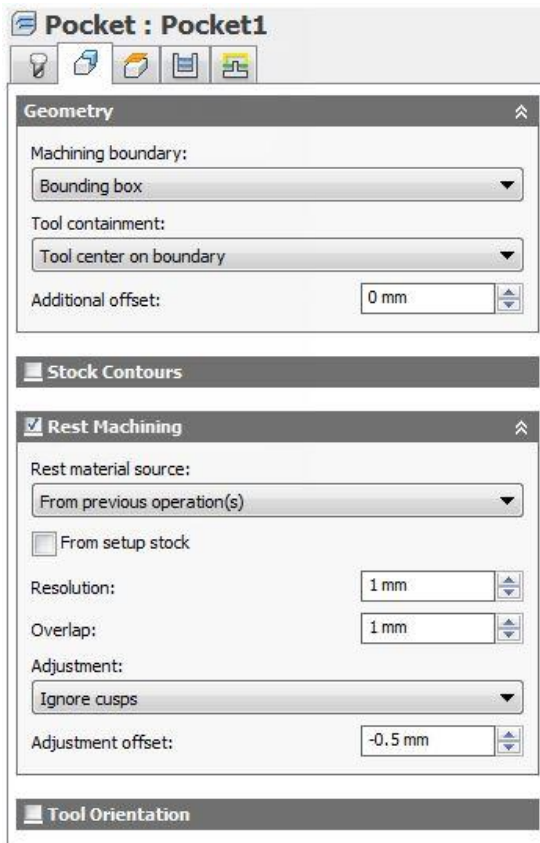


Figura 20 – Janela da configuração da geometria

Esta opção é o modo como o limite do percurso da maquinagem é definido. Pode se determinar estes limites de diferentes tipos, como por exemplo:

Nenhuma (None) – A ferramenta faz o percurso em todo o material de stock sem qualquer limitação;

Caixa delimitadora (Bounding box) – Cria os percursos dentro de uma caixa definida pelas extensões máximas do material de stock;

Silhueta (Silhouette)- Cria os percursos dentro de um limite definido pela parte da silhueta da própria peça;

Seleção (Selection)- Cria os percursos dentro de uma região determinada por um limite selecionado pelo utilizador.

Contenção da ferramenta (Tool containment):

O uso da contenção da ferramenta é utilizado para controlar a posição das ferramentas em relação ao limite ou limites selecionados. E podem ser contidas de três maneiras:

Dentro (Inside)- A ferramenta inteira permanece dentro do limite.

Centro (Center)- O limite selecionado limita a ferramenta pelo seu centro.

Lado de fora (Outside)- O percurso é criado dentro do limite, mas a ferramenta pode movimentar para fora do limite.

8-Configuração das alturas (Heights tab settings)

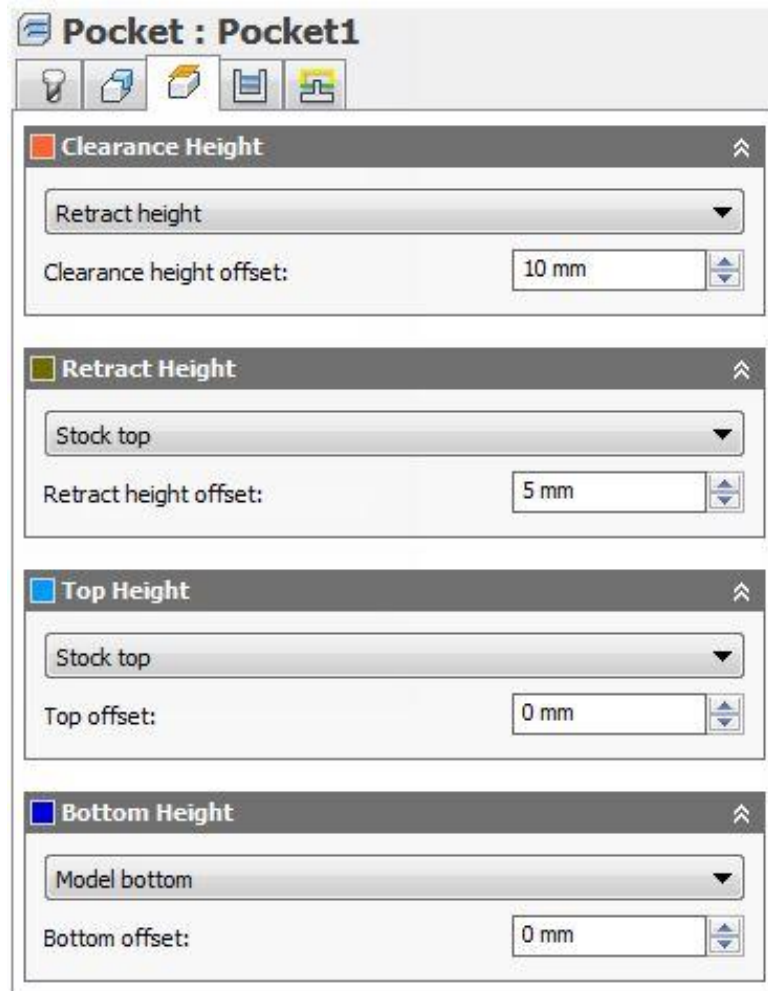


Figura 21 – Janela da configuração das alturas

Altura Máxima (Clearance Height)- A altura máxima é a primeira altura para movimentos rápidos das ferramentas até ao início do percurso a maquinar.

Altura de Retração (Retract Height)- Define a altura que a ferramenta se desloca na sua retração até ao momento antes da próxima passagem de corte.

Altura do Topo (Top Height)- Define a altura superior que descreve a parte superior da passagem de corte, geralmente, corresponde ao ponto mais superior da peça.

Altura do Fundo (Bottom Height)- Define a altura inferior que descreve a parte inferior da passagem de corte, geralmente é a profundidade máxima que se pretende atingir na maquinação.

9-Configuração dos passos/degraus na fresagem (Passes tab settings)

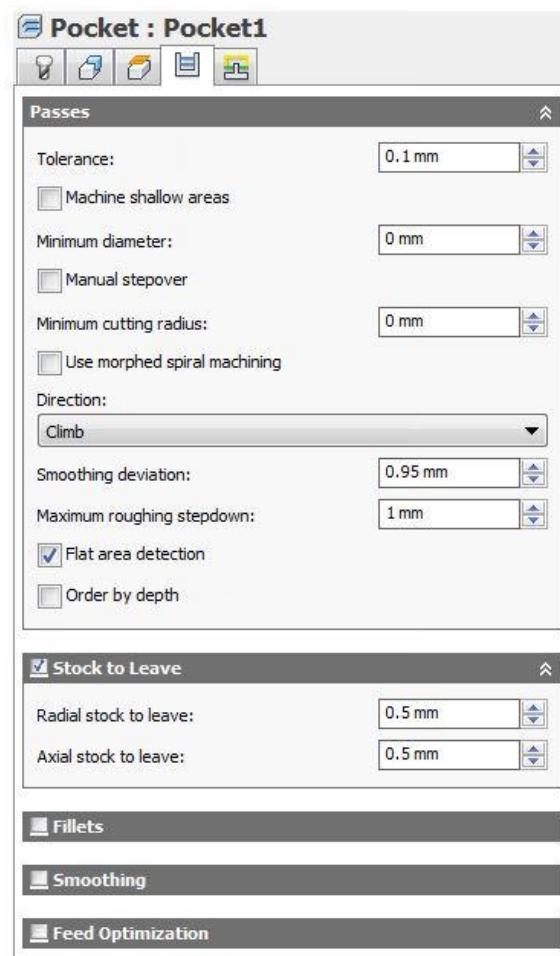


Figura 22 – Janela da configuração dos passos/degraus

Direção (Direction): A opção da direção permite controlar se o movimento da ferramenta na maquinagem deve ser concordante ou discordante.

Stepdown máximo de desbaste (Maximum roughing stepdown)- Especifica o degrau máximo em Z, durante todos os níveis para desbaste.

Deixar afastado (Stock to Leave)

- Positivo (Positive)- Deixa a peça por acabar após a operação. Posteriormente é necessário uma operações de acabamento para obter a geometria da peça.
- Nenhum (None)- Remove todo o material em excesso até à geometria selecionada.
- Negativo (Negative)- Remove o material para além da superfície ou limite. Esta técnica é frequentemente usada para atender a requisitos de tolerância dimensional.

10-Configuração dos ciclos para furação (Cycle)

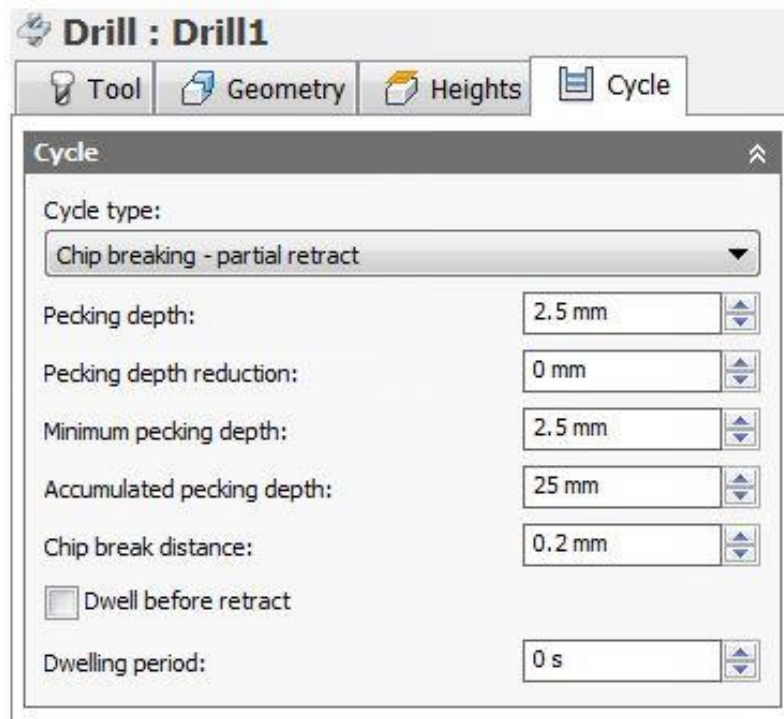


Figura 23 – Janela de configuração dos ciclos de furação

Tipos de ciclo (Cycle type): é o tipo de ciclo com que se pretende fazer na perfuração. A seleção de um ciclo de perfuração determina quais parâmetros podem ser especificados na operação.

- Pré-furação – Saída Rápida (Drilling - rapid out): Perfuração normal, é recomendada para a abertura de furos com profundidades menores que três vezes o diâmetro da ferramenta.
- Perfuração- Entrada e Saída Rápida(Counterboring - dwell and rapid out) : Aumenta a extremidade de um furo previamente perfurado. É usado para melhorar o acabamento de um buraco.
- Quebra de furação – Retração Parcial (Chip breaking - partial retract): Brocas de furos com profundidades maiores que três ou quatro vezes o diâmetro da ferramenta, retraindo periodicamente a ferramenta para limpar as limalhas ou inundar o furo com líquido refrigerante.
- Perfuração para a esquerda- (Left tapping): A ferramenta ao perfurar gira no sentido contrário ao dos ponteiros do relógio, uma vez que entra no furo para fazer uma rosca.
- Perfuração para a direita- (Left tapping): A ferramenta ao perfurar gira no sentido dos ponteiros do relógio, uma vez que entra no furo para fazer uma rosca.

Profundidade do furo: Define a profundidade para o primeiro movimento de furação.

Profundidade de redução da furação: É o valor pelo qual a profundidade de hierarquia é reduzida por furação.

Profundidade de furação mínima: É a profundidade de furação mínima permitida.

Profundidade de furação acumulada: Especifica a profundidade de furação com retração completa.

Distância da quebra de furação: Com uma operação de quebra de furação, a broca retira uma determinada limalha depois de avançar uma certa distância no furo para impedir uma ligação única das limalhas.

11-Configuração do percurso (Linking tab settings)

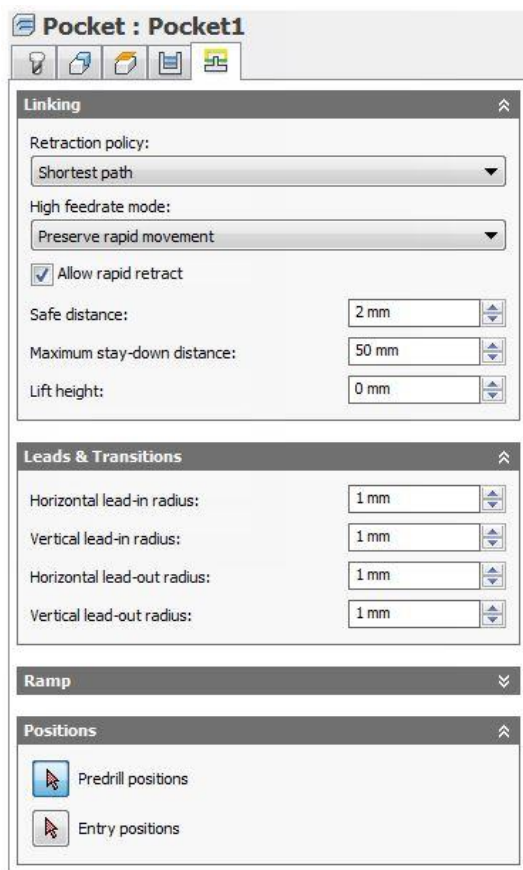


Figura 24 – Janela da configuração do percurso da ferramenta

Política de retração (Retraction policy): Controla como a ferramenta se desloca entre os passos de maquinagem.

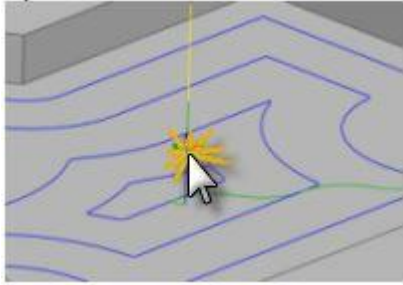
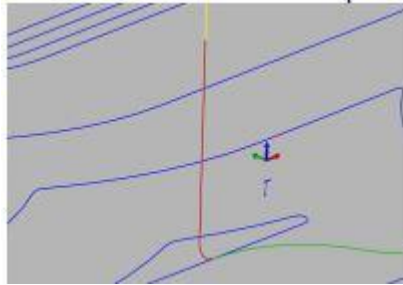
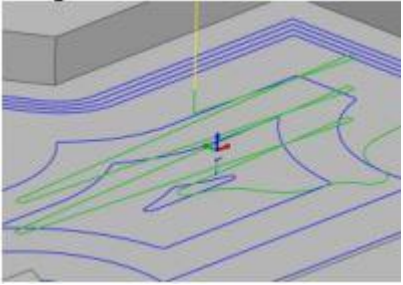
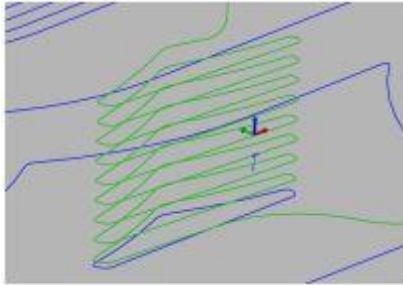
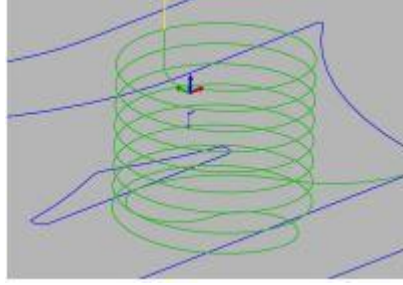
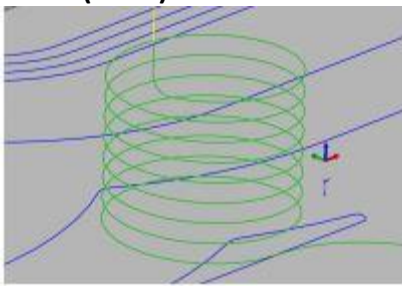
- retracção completa (*Full retraction*) – a ferramenta retrai completamente para a altura de retracção;

- retracção mínima (*Minimum retraction*) – move-se em linha reta até à menor altura em que a ferramenta limpa a peça, além de qualquer distância de segurança especificada.

- caminho mais curto (*Shortest path*) - a ferramenta desloca-se na menor distância possível em uma linha reta entre os passos.

Tipo de rampa (Ramp type): Especificação para determinar como a ferramenta se move para baixo por cada passo de corte, em profundidade.

Tabela 1 – Diferentes tipos de rampa

<p>Perfuração (Predrill)</p> 	<p>Nota: Para usar esta opção de pré-perfurar, a localização da perfuração deve ser definida (Predrill location (s)).</p>
<p>Mergulho (Plunge)</p> 	<p>Zig-Zag</p> 
<p>Perfil (Profile)</p> 	<p>Perfil liso (Smooth Profile)</p> 
<p>Hélice (Helix)</p> 	

12-Simulação (Simulation)

Depois de gerar o caminho da ferramenta, o utilizador pode inspecionar o resultado utilizando a simulação das operações clicando no botão “Simulate”. Depois usando o recurso do botão de play, o movimento da ferramenta é simulado. Os controlos da simulação incluem a velocidade, a direção, a visibilidade da ferramenta, eixo e suporte da ferramenta, bem como a coloração dos movimentos rápidos, movimentos de erro, e movimentos de corte para facilitar ao utilizadores a visualização de todo o processo de maquinação.

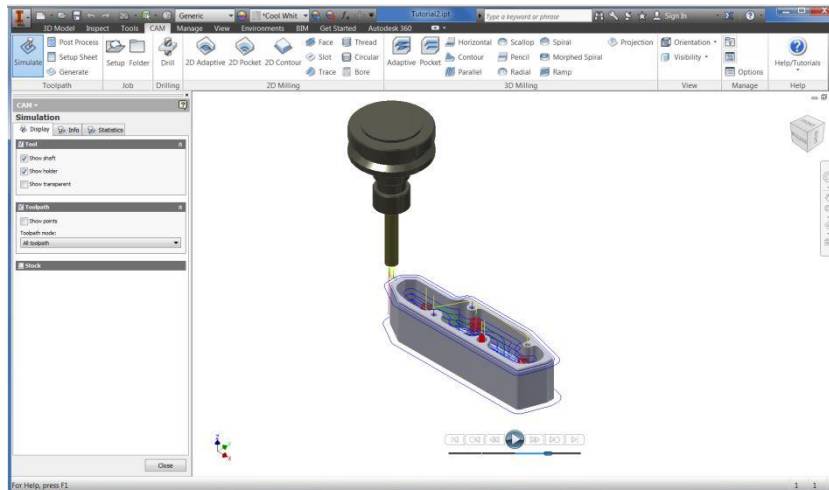


Figura 25 – Exemplo de simulação de uma peça

Se o utilizador ativar a opção de simulação de Stock, clicando em “Stock Simulation”, é possível visualizar uma simulação em que se vê o bloco inicial a ser maquiado completamente até se obter a peça pretendida. O modelo sólido que resulta no final da simulação pode ser inspeccionado através da coloração das superfícies de acordo com a ferramenta que maquinou cada superfície, e esse modelo pode ser cortado para inspeccionar diferentes secções.

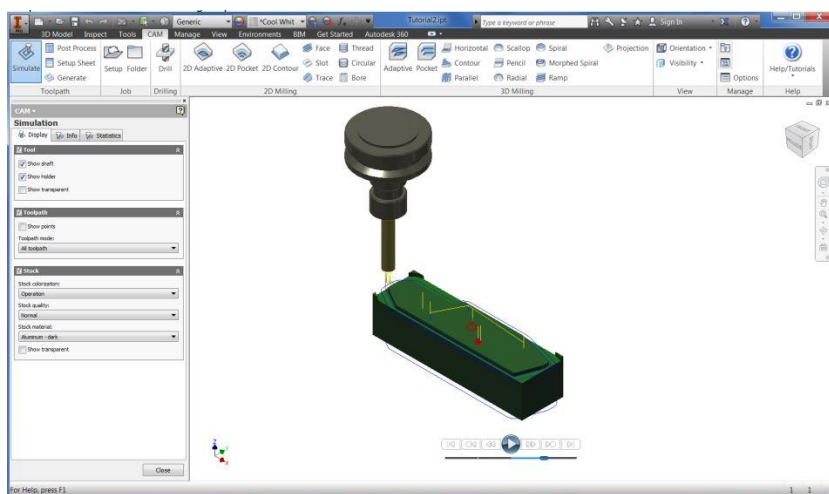


Figura 26 – Exemplo de simulação num bloco

13-Pós-processamento (Post processing)

Nenhum software CAM é completo sem um pós-processador para converter o percurso das ferramentas para um formato entendido pelo controlador da máquina CNC. O HSM usa um pós-processador flexível e rápido baseado na linguagem de programação JavaScript para executar esta tarefa. Inventor HSM vem com algumas configurações de pós-processadores genéricos, mas a grande vantagem é que existe a possibilidade de alterar esse pós-processamento de maneira a facilitar, se necessário, alguns requisitos específicos.

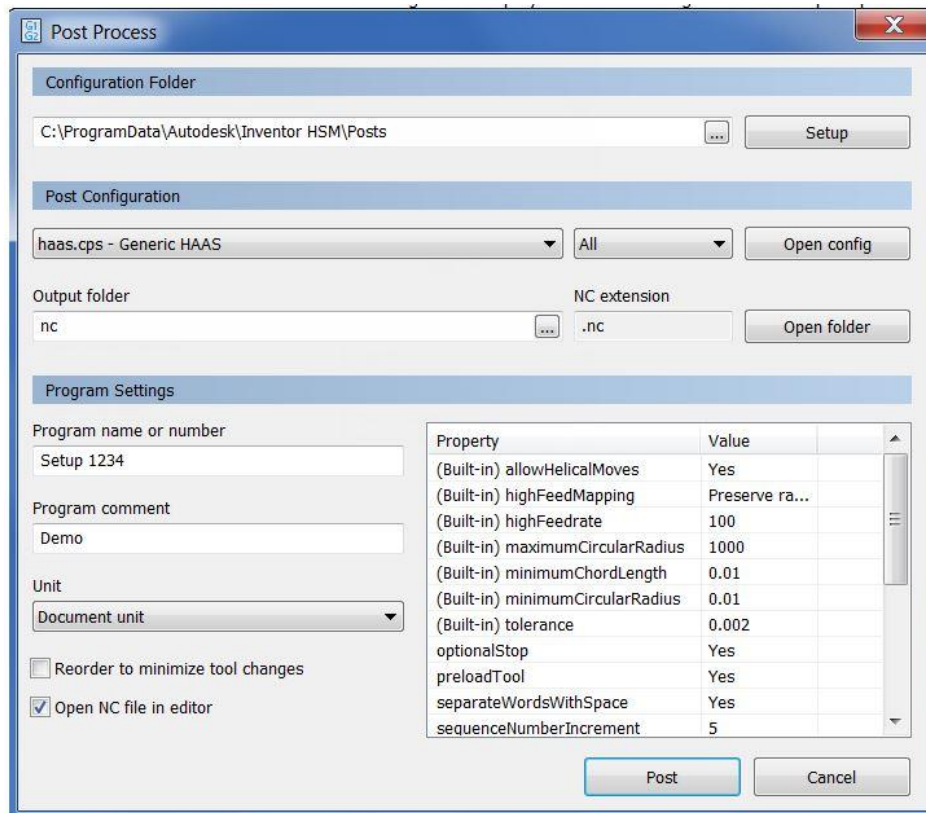


Figura 27 – Janela do pós-processador

Processadores genéricos como: Fanuc, Heidenhain, Haas, Hurco, Mazak, MillPlus, Okuma, Siemens, Yasnak, entre outros.

14-Inventor HSM Editor

O Editor do HSM serve para inspecionar e editar de arquivos de programas de código numérico de forma manual. Este fornece um número de funções de código CNC específicas, incluindo numeração de linha ou dos blocos, função G e M, entre outros. Ele também possui um link DNC para comunicação RS-232 fiáveis com uma variedade de controlos CNC.

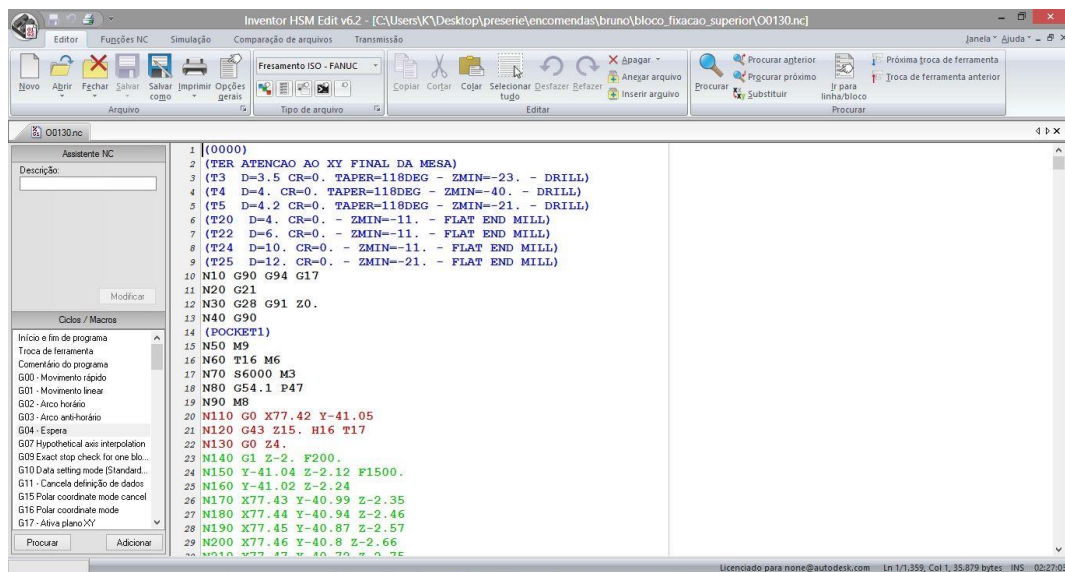


Figura 28 – Editor do código numérico do HSM

Este também possui uma função bastante vantajosa, que é a de marcar com cor os processos que definem o trajeto da ferramenta como sendo em velocidade rápida (G0), velocidade limitada (G1), linhas de aproximação e de entrada da ferramenta, linhas de maquinagem entre outras.

