



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**METODOLOGIA DE SIMULAÇÃO DE MAQUINAGEM DE  
SUPERFÍCIES PLANAS E FUROS NUM CENTRO DE MAQUINAGEM  
ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DE SOFTWARE CAD/CAM**

**Autor:**

Calbe, Albino Tédio

**Supervisor:**

Prof. Inácio Lhate

Maputo, Junho De 2025



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**METODOLOGIA DE SIMULAÇÃO DE MAQUINAGEM DE  
SUPERFÍCIES PLANAS E FUROS NUM CENTRO DE MAQUINAGEM  
ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DE SOFTWARE CAD/CAM**

**Autor:**

Calbe, Albino Tédio

**Supervisor:**

Prof. Inácio Lhate

Maputo, Junho De 2025



**Metodologia de simulação de maquinaria de superfícies planas e furos num centro de maquinaria através da aplicação de software CAD/CAM**

**Albino Tédio Calbe**

**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DO TRABALHO DE LICENCIATURA**

Declaro que o estudante **Calbe, Albino Téldio** entregou no dia \_\_\_ / \_\_\_ / 2025 as \_\_\_ cópias do relatório do seu Trabalho de Licenciatura com a referência: \_\_\_\_\_ intitulado: **Metodologia De Simulação De Maquinagem De Superfícies Planas E Furos Num Centro De Maquinagem Através Da Aplicação De Software CAD/CAM**

Maputo, \_\_\_ de Junho de 2025

**A Chefe da Secretaria**

---

## **Folha de aprovação**

Eu, Albino Téldio Calbe, estudante do 5º nível do curso de Licenciatura em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia, da Universidade Eduardo Mondlane, submeto este trabalho como requisito para a aquisição do grau de Licenciado em Engenharia Mecânica.

### **Aprovado por:**

---

O supervisor

---

Membro de Júri 1

---

Membro de Júri 2

---

Membro de Júri 3

## Dedicatória

Agradeço aos meus pais e avós pelo apoio incondicional que me deram ao longo da minha formação acadêmica. Sem eles, não teria conseguido alcançar este objetivo tão importante na minha vida. Eles foram a minha inspiração, o meu exemplo e a minha força nos momentos mais difíceis. Dedico-lhes este trabalho de licenciatura com muito amor e gratidão.

## Agradecimentos

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho, quero expressar a minha profunda gratidão. Em primeiro lugar agradeço à minha família que sempre me apoiou e deu incentivos nos momentos difíceis. Em segundo lugar agradeço aos meus professores que sempre deram a orientação com sabedoria e muita paciência ao longo da minha jornada acadêmica. Em terceiro lugar agradeço aos meus colegas da faculdade, que sempre compartilharam comigo as alegrias e as angústias do percurso acadêmico, e por fim agradeço a todos aqueles que de alguma forma ajudaram-me durante esta etapa. Este trabalho é o resultado de um esforço colectivo, no qual todos vocês tiveram um papel fundamental.

Muito obrigado.

## Epígrafe

*“A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo”*

(Nelson Mandela)

## Resumo

A usinagem CNC (Comando Numérico Computadorizado) é uma técnica fundamental na fabricação de componentes mecânicos de alta precisão. A eficiência e a qualidade do processo dependem em grande parte da programação e do controle da máquina.

Neste estudo explora-se a utilização de softwares CAD/CAM (Computer Aided Design/ Computer Aided Manufacturing) como ferramentas poderosas para otimizar a produção e minimizar erros na usinagem CNC. Descreve-se os princípios básicos da fresagem CNC, destacando os desafios e as complexidades envolvidos.

O objetivo é apresentar os conceitos básicos e as vantagens dessas ferramentas computacionais na área de usinagem, bem como os principais passos para a realização de uma simulação do processo de fabricação. A metodologia consiste em modelar a peça, o ferramental e a máquina CNC em um software CAD, gerar o programa de usinagem em um software CAM, e verificar o resultado da operação em um software de simulação. Através dessa abordagem, é possível otimizar o tempo, a qualidade e o custo do produto final, além de evitar erros e acidentes na execução do processo. O trabalho também apresenta um exemplo prático de simulação de fresagem, mostrando as etapas e os parâmetros envolvidos. Apresenta-se uma análise detalhada das etapas de simulação da usinagem CNC usando o Autodesk Inventor CAM, demonstrando como esta ferramenta pode ser usada para criar modelos de peças, gerar a trajetória da ferramenta, simular as operações de usinagem e analisar interferências e colisões potenciais.

A simulação é fundamental para evitar erros dispendiosos e melhorar a eficiência da produção. Faz-se uma análise dos benefícios da aplicação de softwares CAD/CAM na indústria de usinagem, incluindo a redução de desperdícios de material, o aumento da precisão dimensional e a economia de tempo de programação.

Este trabalho destaca a importância de uma metodologia sólida de simulação de usinagem CNC e como os softwares CAD/CAM desempenham um papel fundamental na melhoria da eficiência e da qualidade dos processos de fabricação. A compreensão desses conceitos é crucial para profissionais e empresas que buscam otimizar suas operações de usinagem CNC.

**Palavras-chaves:** Controle Numérico Computarizado, Desenho Assistido por computador/  
Fabricação Assistida por Computador, Softwares

## **Abstract**

CNC (Computer Numerical Control) machining is a fundamental technique in the manufacture of high-precision mechanical components. The efficiency and quality of this process largely depend on machine programming and control.

In this study, the use of CAD/CAM software was explored as a powerful tool to optimize production and minimize errors in CNC machining. The study describes the basic principles of milling, highlighting the challenges and complexities involved.

The objective is to present the basic concepts and advantages of these computational tools in the machining area, as well as the main steps for carrying out a simulation of a manufacturing process. The methodology consists of modeling the part, the tooling and the CNC machine in CAD software, generating the machining program in CAM software, and checking the result of the operation in simulation software. Through this approach, it is possible to optimize the time, quality and cost of the final product, in addition to avoiding errors and accidents during the execution of the process. The work also presents some practical examples of CNC milling simulation, showing the steps and parameters involved in each case.

Furthermore, we present a detailed analysis of the CNC machining simulation steps using CAD/CAM software. The study demonstrate how these tools can be used to create 3D models of parts, generate tool trajectories, simulate machining operations, and analyze potential interferences and collisions. Simulation is key to avoiding costly errors and improving production efficiency.

Finally, the benefits of applying these tools were discussed, including reducing material waste, increasing dimensional accuracy and saving programming time.

This work highlights the importance of a solid CNC machining simulation methodology and how CAD/CAM software plays a fundamental role in improving the efficiency and quality of manufacturing processes. Understanding these concepts is crucial for professionals and companies looking to optimize their CNC machining operations.

**Key Words:** Computer Numerical Control, Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing, Software's

## Lista de figuras

Figura 1 Exemplos de informações que podem aparecer no cabeçalho .....	7
Figura 2 Exemplos de informações que podem aparecer nas configurações.....	7
Figura 3 Exemplos de comandos de movimento .....	7
Figura 4 Exemplos de comandos de controlo .....	8
Figura 5 Comandos de fim do programa CNC.....	8
Figura 6 Fluxograma da estrutura básica da metodologia.....	1
Figura 7 Abas principais do Autodesk inventor.....	2
Figura 8 Opções de abertura de projectos no Autodesk inventor.....	2
Figura 9 Opções de importação de projectos no Autodesk inventor .....	3
Figura 10 Guia para acesso as operações no Inventor CAM.....	4
Figura 11 Guia para configuração de uma nova operação .....	5
Figura 12 Primeiras configurações das operações.....	5
Figura 13 Configuração do sistema de coordenadas .....	5
Figura 14 O eixo Z aponta para longe da face a ser usinada.....	6
Figura 15 Configuração do ponto de origem .....	6
Figura 16 Exemplo de origem seleccionado a partir de um ponto na peça bruta .....	7
Figura 17 Configuração da peça bruta e dimensões de sobresspessuras. ....	7
Figura 18 Configuração do nome do programa CNC .....	8
Figura 19 Aba da guia das operações.....	9
Figura 20 Configuração da ferramenta e parâmetros de corte para operação de Furamento. ....	9
Figura 21 Selecção das superfícies a serem usinadas no Furamento. ....	10
Figura 22 Configuração de ciclos de furamento .....	11
Figura 23 Aba da guia das operações - Facejamento.....	12
Figura 24 Exemplo de trajectória da ferramenta para facejamento .....	12
Figura 25 Trajectória da ferramenta com ângulo 0° .....	13
Figura 26 Trajectória da ferramenta com ângulo 0° .....	14
Figura 27 Exemplo da trajectória extendida da ferramenta .....	14
Figura 28 Exemplo de selecção de superfície a ser usinada .....	15
Figura 29 Fresagem por escalada.....	16
Figura 30 fresagem convencional .....	16

Figura 31 Usinagem sem sobreposição de acabamento.....	17
Figura 32 Usinagem com sobreposição de acabamento de 6mm .....	17
Figura 33 Usinagem com raio de corte mínimo definido.....	17
Figura 34 Usinagem sem raio de corte definido .....	18
Figura 35 Definição do limite da geometria da peça .....	19
Figura 36 Selecção da borda externa .....	19
Figura 37 Selecção da borda interna.....	20
Figura 38 Limite da peça bruta configurada é mostrada em amarelo.....	20
Figura 39 Colisão entre o eixo e a peça bruta .....	21
Figura 40 Ferramenta é estendida para evitar colisões .....	22
Figura 41 Exemplo 1 - Silhueta .....	22
Figura 42 Exemplo 2 - Escolha.....	23
Figura 43 Tipos de contenção da ferramenta .....	24
Figura 44 Trajectoria com limite de ponto desactivado .....	25
Figura 45 Trajectória com limite de ponto activado .....	25
Figura 46 Trajectória não gerada onde a peça não tem contacto com a ferramenta .....	26
Figura 47 Trajectória gerada onde a peça tem contacto com a ferramenta .....	26
Figura 48 Estratégia swarf para usinagem de superfícies.....	29
Figura 49 Escolha do tipo de operação .....	34
Figura 50 Escolha do tipo de operação .....	35
Figura 51 Escolha do material da peça bruta.....	35
Figura 52 Escolha da máquina.....	36
Figura 53 Obtenção dos parâmetros para o regime de corte.....	37
Figura 54 Ferramentas de corte que podem ser usadas para usinagem.....	37
Figura 55 Controles do reprodutor de simulação .....	39
Figura 56 Linha do tempo da simulação .....	39
Figura 57 Exemplo de uma colisão na linha do tempo da simulação .....	40
Figura 58 Ferramentas de exibição da simulação - Eixo .....	40
Figura 59 Ferramentas de exibição da simulação - Trajectória da ferramenta .....	40
Figura 60 Ferramentas de exibição da simulação - peça bruta.....	41
Figura 61 Ferramentas de exibição da simulação - Posição da ferramenta .....	41
Figura 62 Simulação com ferramenta e material mostrados.....	42

Figura 63 Guia para acesso ao pós processamento no Inventor CAM.....	43
Figura 64 Visualização do código G no editor do Inventor CAM.....	43
Figura 65 Modelo da peça acabada em CAD.....	44
Figura 66 Escolha da máquina e tipo de operação .....	45
Figura 67 Configuração do Sistema de coordenadas WCS.....	46
Figura 68 Configuração dos valores de sobrespessuras da peça bruta .....	46
Figura 69 Escolha do nome do programa CNC.....	47
Figura 70 Operações de usinagem configuradas no ambiente CAM .....	53
Figura 71 Simulação completa sem nenhum erro na linha do tempo .....	55
Figura 72 Configuração do pós processamento.....	56

## Lista de tabelas

Tabela 1 Caracteres em um programa CNC e suas funções.....	5
Tabela 2 Funções preparatórias do programa CNC - padrão ISO 1056 .....	6
Tabela 3 Movimentos de perfuração .....	11
Tabela 4 Tabela para escolha da operação de acordo com a superfície a tratar .....	31
Tabela 5 Tabela de Materiais .....	36
Tabela 6 Características gerais da peça bruta (cabeçote a ser usinado) .....	44
Tabela 7 Valores de sobresspessura da peça bruta.....	46
Tabela 8 Valores de regime de corte – pré usinagem.....	49
Tabela 9 Valores de regime de corte – acabamento.....	50
Tabela 10 Alturas recomendadas para usinagem CNC de cabeçote.....	51
Tabela 11 Leads & Transitions (Entradas/Saídas da Ferramenta) recomendadas para as operações .....	51
Tabela 12 Tipo de operação por superfície.....	52

## Lista de abreviaturas e siglas

<b>2D</b>	Duas Dimensões
<b>3D</b>	Três Dimensões
<b>AISI</b>	American Iron and Steel Intitute (Instituto Americano de Ferro e Aço)
<b>ANSI</b>	American National Standarts Institute (Instituto Americano de Padrões Nacionais)
$A_e$	Largura de corte
$A_p$	Profundidade de corte
<b>CAD</b>	Computer Aided Design (Design Assistido por Computador)
<b>CAM</b>	Computer Aided Manufacturing (Fabricação Assistida por Computador)
<b>CN</b>	Comando numérico
<b>CNC</b>	Comando numérico computarizado
<b>DIN</b>	Deutsches instituto for Normung (Instituto De Normalização Alemão)
$F_N$	Avanço por rotação
$F_z$	Avanço por dente
<b>GOST</b>	Gosudarstvennyy Standart (Padrão Estadual)
<b>H</b>	Designação para Ferro fundido duro e aços endurecidos
<b>ISO</b>	International Standard Organization (Organização Internacional de Normalização)
<b>K</b>	Designação para ferro fundido
<b>M</b>	Designação para aço inoxidável
<b><i>min</i></b>	Minutos
<b><i>mm</i></b>	Milímetros
<b>N</b>	Designação para alumínio e Materiais não metálicos
$N$	Velocidade do eixo da máquina
<b>NOPAE</b>	Número de passes na largura de corte
<b>NOPAP</b>	Número de passes na profundidade de corte
<b>P</b>	Designação para aços de liga leve
$P_{PC}$	Potência de corte
<b><i>QQ</i></b>	Taxa de remoção do material
<b><i>RPM</i></b>	Rotações por minuto
<b>S</b>	Designação para superligas

$S_o$	Distância do escalonado (STEPOVER)
<b>SAE</b>	Society of Automotive Engineers (Sociedade de Engenheiros Automotivos)
<b><i>TCCT</i></b>	Tempo de usinagem
$V_c$	Velocidade de corte
$V_F$	Avanço no centro da ferramenta
$V_{FM}$	Velocidade de avanço
<b>WCS</b>	Sistema de coordenadas de trabalho

## Índice

Dedicatória .....	iii
Agradecimentos .....	iv
Epígrafe .....	v
Resumo.....	vi
Lista de figuras .....	viii
Lista de tabelas.....	xi
Lista de abreviaturas e siglas.....	xii
CAPÍTULO I .....	1
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Objectivos Gerais.....	2
1.2. Objectivos Específicos .....	2
1.3. Metodologia .....	2
1.3.1. Escolha do <i>software</i> CAD/CAM .....	2
1.4. Justificativa .....	4
CAPÍTULO II .....	1
2. Fundamentação teórica .....	1
2.1. Comando numérico computadorizado (CNC) .....	1
2.2. Aplicações e vantagens do CNC .....	2
Capítulo III .....	4
3. Programação CNC .....	4
3.1. Estrutura do programa CNC .....	4
3.2. Métodos de programação.....	8
3.2.1. Programação Manual .....	8
3.2.2. Programação CAM.....	9
Capítulo IV .....	1
4. Metodologia de Simulação em CAM.....	1
4.1. Estrutura geral da metodologia proposta.....	1
4.2. Modelo da peça acabada .....	2
4.3. Escolha da máquina e configuração do modelo da peça bruta .....	3
4.4. Identificação e escolha da sequência de tratamento de cada superfície .....	8
4.5. Configuração da operação para cada tipo de superfície.....	8
4.5.1. Furação .....	9

4.5.2.	Fresagem 2D.....	11
4.5.3.	Fresagem 3D.....	21
4.5.4.	Fresagem Multi-Eixo.....	29
4.6.	Escolha da ferramenta .....	34
4.7.	Regime de corte .....	38
4.8.	Simulação da usinagem e análise da trajetória da ferramenta.....	38
4.8.1.	Reprodutor da simulação.....	39
4.8.2.	A linha do tempo da simulação.....	39
4.9.	Pós-Processamento .....	42
Capítulo V	.....	44
5.	Aplicação e análise da metodologia.....	44
5.1.	Etapas da aplicação da metodologia.....	45
Capítulo VI	.....	57
6.	Análise da metodologia.....	57
Capítulo VII	.....	59
7.	Conclusões e recomendações.....	59
7.1.	Conclusões.....	59
7.2.	Recomendações .....	60
Bibliografia	.....	62
APÊNDICE A	.....	63
APÊNDICE B	.....	64
APÊNDICE C	.....	65
APÊNDICE D	.....	66
ANEXO I	.....	67
ANEXO II	.....	68

## **CAPÍTULO I**

### **1. INTRODUÇÃO**

A automação e a precisão têm desempenhado um papel crucial na evolução da indústria de usinagem ao longo de décadas. As máquinas CNC (Comando Numérico Computadorizado) revolucionaram os processos de fabricação, tornando-os mais eficientes, precisos e versáteis. No entanto, a excelência na usinagem CNC não é alcançada apenas por meio de máquinas de última geração, é também fundamental ter um conhecimento aprofundado das técnicas e métodos envolvidos na programação e operação dessas máquinas.

Este trabalho tem como objetivo explorar uma das áreas mais cruciais na usinagem CNC. A simulação desempenha um papel vital na identificação de potenciais erros de programação, na otimização do processo de usinagem e na redução de custos de produção. Com o uso de softwares CAD/CAM (Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing), os engenheiros e operadores de máquinas CNC podem visualizar virtualmente o processo de usinagem antes de executá-lo fisicamente, economizando tempo e recursos preciosos.

Neste contexto, este trabalho se propõe a apresentar uma metodologia abrangente para a simulação de fresagem em máquinas CNC, com foco na aplicação de softwares CAD/CAM de última geração. Serão discutidos os conceitos fundamentais da usinagem CNC, os benefícios da simulação e os desafios enfrentados na implementação eficaz dessa tecnologia. Além disso, será explorado um estudo de caso com um exemplo prático para ilustrar a aplicação dessas técnicas.

A crescente demanda por peças de alta precisão e a constante evolução das tecnologias de usinagem CNC tornam este estudo fundamental para profissionais da indústria, engenheiros, pesquisadores e estudantes que desejam aprofundar seu conhecimento nesse campo. Ao final deste trabalho, espera-se que os leitores adquiram uma compreensão sólida das técnicas de simulação de fresagem CNC e estejam preparados para aplicar esses conhecimentos no ambiente de produção, contribuindo para a melhoria contínua e a eficiência na indústria de usinagem.

### **1.1. Objectivo Geral**

Apresentar uma metodologia abrangente para a simulação de maquinagem de superfícies planas e furos num centro de maquinagem, através da aplicação de software CAD/CAM, com o objetivo de aprimorar a eficiência, a precisão e a segurança das operações de usinagem em ambientes industriais.

### **1.2. Objectivos Específicos**

- Analisar os princípios fundamentais da usinagem CNC;
- Explorar a importância da simulação na usinagem CNC;
- Analisar as funcionalidades dos softwares CAD/CAM;
- Desenvolver uma metodologia de simulação passo a passo;
- Aplicar a metodologia em estudo de caso;
- Avaliar os resultados e discutir conclusões.

### **1.3. Metodologia**

A metodologia usada para a realização do presente trabalho fez uma revisão bibliográfica abrangente sobre usinagem CNC, simulação, softwares CAD/CAM e as melhores práticas na área. Fez – se a identificação e a selecção dos softwares CAD/CAM adequados para a simulação de fresagem CNC, considerando factores como custo, disponibilidade e recursos oferecidos pelos softwares e com base na revisão bibliográfica e na escolha dos softwares, desenvolveu se uma metodologia detalhada que descreve passo a passo como realizar simulações de fresagem CNC.

#### **1.3.1. Escolha do *software* CAD/CAM**

A selecção dos *softwares* adequados para a realização das simulações nesta metodologia é uma decisão crucial para garantir a eficiência e a precisão das simulações. Após uma análise cuidadosa das opções disponíveis, optou-se por utilizar o Autodesk Inventor CAM para a execução das simulações, o SolidWorks para modelagem da peça acabada utilizada na aplicação da metodologia e o coroplus toolguide para os cálculos de regime de corte e escolha da ferramenta. A seguir, apresentam-se as principais razões que levaram a essas escolhas.

#### **i) SolidWorks**

- **Usabilidade Intuitiva** – O SolidWorks é conhecido por sua interface intuitiva e amigável. Isso facilita a aprendizagem e a utilização eficiente do software, o que é importante para otimizar o tempo de trabalho;
- **Ferramentas de modelagem avançadas** – O SolidWorks oferece recursos avançados que nos permitem visualizar o processo de modelagem com precisão. Isso nos ajuda a identificar potenciais problemas e otimizar a modelagem antes da produção real.
- **Integração Perfeita com o Inventor CAM** – Uma das principais vantagens do SolidWorks é a sua integração com o software de simulação de processos de usinagem. Isso nos permite aproveitar os modelos 3D existentes e aprofundar ainda mais a integração entre o projeto e a programação CNC;

## ii) Autodesk Inventor CAM

- **Acessibilidade e Flexibilidade** – É amplamente reconhecido por sua acessibilidade, especialmente para estudantes e pequenas empresas. Isso nos permite explorar as capacidades de simulação sem um grande investimento financeiro.
- **Colaboração em Nuvem** – Oferece recursos de colaboração em nuvem, o que é extremamente benéfico para trabalhos em equipa e para compartilhar dados de projeto de forma eficiente.
- **Ampla Gama de Funcionalidades** – Além das capacidades de simulação, oferece uma gama completa de funcionalidades CAD/CAM, o que nos permite realizar todo o ciclo de projeto e fabricação em uma única plataforma.

A combinação desses softwares permitirá atender às necessidades específicas do corrente projeto. O SolidWorks com sua integração à Autodesk Inventor CAM e recursos avançados de simulação, será

utilizado para modelagem e simulações detalhadas, enquanto o Autodesk Inventor CAM nos proporcionará flexibilidade e facilidade de colaboração. Esta combinação permitirá alcançar resultados precisos e eficientes neste estudo de simulação de fresagem CNC. A escolha desses softwares também se fundamenta no domínio que o autor possui sobre essas ferramentas, o que possibilitará alcançar os objetivos desta pesquisa de forma mais eficaz.

#### **1.4. Justificativa**

A indústria de usinagem CNC tem passado por uma transformação significativa nas últimas décadas, impulsionada pelo avanço tecnológico e pela busca constante por maior precisão, eficiência e qualidade na produção de peças mecânicas. Nesse contexto, a simulação destes processos de usinagem emerge como uma ferramenta essencial para otimizar e aperfeiçoar os processos de usinagem. A realização deste estudo é justificada pela sua contribuição para o avanço tecnológico na indústria de usinagem CNC, pela economia de recursos, pela melhoria da qualidade e pela competitividade das empresas, bem como pela formação de profissionais preparados para enfrentar os desafios do setor. A aplicação de softwares CAD/CAM na simulação de fresagem CNC é essencial para alcançar esses objetivos, tornando este estudo não apenas relevante, mas também altamente necessário.

## **CAPÍTULO II**

### **2. Fundamentação teórica**

#### **2.1. Comando numérico computadorizado (CNC)**

O comando numérico computadorizado - CNC é uma forma de automação programável em que as ações mecânicas de uma máquina-ferramenta, ou outro equipamento, é controlado por um programa contendo dados alfanuméricos codificados. Estes dados são codificados em um formato apropriado que definem um programa de instruções para a fabricação de uma determinada peça ou execução de uma determinada tarefa. Groover (2011).

O comando numérico computadorizado, é um dispositivo eletrônico que recebe as informações sobre a forma que o equipamento ou máquina-ferramenta irá realizar a operação por meio de linguagem própria denominada programa CNC, processa essas informações, devolvendo-as ao sistema através de impulsos elétricos. Estes sinais elétricos são responsáveis pelos acionamentos de motores, que darão às máquinas os movimentos desejados com todas as características, possibilitando a realização das operações sequenciais sem intervenção do operador. Cassaniga (2000).

A tecnologia CNC engloba diversos processos automáticos de fabricação, podendo ser aplicada desde o desenvolvimento de um produto até a sua concepção. O campo de maior utilização dessa tecnologia é a área de fabricação, sendo aplicada aos processos de fresagem, torneamento, dobramento, corte, entre outros. Sua aplicação no controle de máquinas permite a realização de tarefas repetitivas e de grande complexidade cinemática, possibilitando a reprodutibilidade de produtos de variadas formas geométricas. (COSTA; PEREIRA, 2006).

Atualmente quase não existem produtos fabris que não estejam de alguma forma relacionada à tecnologia inovadora destas máquinas-ferramentas. A Sua aplicação é cada vez mais ampla nas indústrias de transformação, tornando necessário o conhecimento de todo o processo envolvido no uso destes equipamentos por parte dos profissionais.

## 2.2. Aplicações e vantagens do CNC

A usinagem CNC se desenvolveu ao longo do tempo em algo de amplo reconhecimento em todo o mundo. Devido às suas vantagens, muitas empresas o incorporaram em seu processo de fabricação. A área da usinagem é o campo que apresenta uma maior aplicação deste sistema, voltado ao controle das máquinas-ferramentas. A possibilidade de controlar o caminho da ferramenta de corte que irá percorrer e, com isso, poder criar diferentes geometrias desejadas, tornando essa tecnologia fundamental nas indústrias metalúrgicas. Hoje em dia diversas máquinas-ferramentas são utilizadas nas operações usinagem são comandadas numericamente, tornando assim a taxa de produção relativamente alta para o fornecimento de peças de alta precisão a um custo relativamente baixo.

A aplicação do comando numérico em outras áreas que não sejam a usinagem tem sido cada vez maior. Exemplo disso é a sua aplicação no processo produtivo com o objetivo de otimizar a produção e reduzir o risco à saúde do operado, atuando em trabalhos repetitivos ou de grande complexidade e em locais onde uma pessoa estaria exposta a riscos químicos ou ergonômicos.

O comando numérico computadorizado fornece uma série de vantagens quando comparado aos métodos de produção convencionais tais:

Redução do tempo passivo, ou seja, do tempo em que a ferramenta não está promovendo o corte. Essa vantagem é visível em máquinas de usinagem e de corte a laser que chegam a uma aceleração acima de 2G e velocidade de deslocamento rápido acima de 200 m/min;

Maior controle no consumo de ferramenta. Por se tratar de uma usinagem com esforços e velocidades constantes, uniformes e repetitivos, os desgastes estão sob controle;

- Aumenta o volume de produção, reduzindo o custo da mesma;
- Aumenta a precisão da peça produzida;
- Diminui o tempo e desenho da peça e a sua produção;
- Rápida preparação da máquina, principalmente quando o programa CNC já estiver otimizado, e o ferramental de corte e os meios de fixação disponíveis;
- Alta flexibilidade no trabalho. Em função da rápida preparação da máquina, torna-se econômica a produção também de pequenas e médias séries. Máquinas CNC são fundamentais quando se opera em trabalhos just in time;

- Fácil e rápida alteração do programa CN. Alterações de dimensões da peça de trabalho e de parâmetros de corte, como avanços e velocidades de corte, são realizadas rapidamente mesmo durante a produção;
- Correção de dimensões da peça e medidas durante o processo. As correções de medidas, devido ao desgaste das ferramentas de corte, são feitas rapidamente pela introdução dos incrementos, deixando as peças dentro das suas tolerâncias;
- Trabalho com parâmetros de corte otimizados. Como os avanços dos carros porta-ferramentas e a rotações do fuso principal e das ferramentas acionadas são programáveis de forma contínua e sem escalonamentos, é possível trabalhar nas condições ideais em função do material que está sendo usinado, das tolerâncias e do grau de acabamento superficial;
- Altas rotações do fuso principal. Esta condição faz com que se atinjam tempos de ciclo mais rápidos e acabamentos superficiais ideais, além de permitir a usinagem de aços endurecidos;
- Altas velocidades de avanço rápido. Esta característica é fundamental para se diminuir os tempos mortos nas aproximações e nos retrocessos das ferramentas de corte;
- Conforto operacional, tanto na preparação da máquina como na sua manutenção;
- Menor necessidade de manutenção mecânica. Como os acionamentos são feitos através de eixo árvore e servomotores de alto rendimento, fica dispensado o uso de caixas de câmbio, trens de engrenagens, embraiagens e outros elementos mecânicos de máquinas.

## Capítulo III

### 3. Programação CNC

Um programa CN é composto por uma sequência de sentenças lógicas que contém informações (Instruções) geométricas e tecnológicas da tarefa a ser executada em cada operação. Esse programa é produzido numa linguagem em que o sistema operacional compreende. A maioria dos Controles Numéricos Computadorizados seguem os códigos normalizados da ISO 1056 (International Standard Organization) e da Associação Alemã de Normas Técnicas DIN 66025. Esses códigos, colocados em uma sequência lógica, permitem que a máquina-ferramenta execute os movimentos entre a ferramenta e a peça. Tal movimentação torna possível a usinagem de uma peça (SILVA, 2008).

#### 3.1. Estrutura do programa CNC

A estrutura de um programa CNC segue um formato específico, consistindo em uma série de comandos e blocos de código que descrevem as operações de usinagem a serem executadas pela máquina CNC. Os Blocos por sua vez são constituídos por caracteres, ou seja, letras de endereçamento e algarismos, palavras que juntas têm o objetivo de informar ao comando as operações que devem ser executadas. Silva (2008) apresenta a seguinte estrutura do programa CNC:

**Bloco de dados ou sentença** – constituídas por caracteres, ou seja, letras de endereçamento e algarismos, palavras que juntas têm o objetivo de informar ao comando as operações que devem ser executadas.

**Caracteres** – é um número letra, espaço, ponto ou qualquer outro símbolo que signifique algo para o comando. Exemplo: A, T, Z, -, (, etc.

**Letras de endereçamento** – são instruções alfabéticas passadas para o comando que, por sua vez, podem executar um movimento ou simplesmente assumir uma nova função. Exemplo: G, X, O, B, K, I, etc.

**Palavra** – é constituída por uma letra seguida de um valor numérico. Dependendo da letra, terá de ser específico. Exemplo: G0, G1, G66, X55, X20, K5, etc.

Segundo Silva (2008), a linguagem G foi adotada pelo sistema ISO como um padrão a ser usado pelos fabricantes de comandos, no entanto, nem todos os códigos estão sob controle da norma ISO. Por isso, o mesmo código pode ter um significado diferente dependendo do comando ou do tipo de máquina (torno ou fresa).

<i>Caracter</i>	<i>Função</i>
<b>N</b>	Número da linha
<b>O</b>	Número do programa
<b>G</b>	Função Preparatória
<b>X</b>	Dado de coordenada no eixo X
<b>Y</b>	Dado de coordenada no eixo Y
<b>Z</b>	Dado de coordenada no eixo Z
<b>I, J, K</b>	Distância incremental ao longo do eixo X, Y, Z
<b>R</b>	Raio da trajetória da ferramenta
<b>M</b>	Função miscelânea
<b>T</b>	Número da ferramenta
<b>S</b>	Velocidade de rotação do eixo-árvore
<b>F</b>	Velocidade de avanço
<b>P</b>	Número de um subprograma
<b>U, W</b>	Dados de coordenadas para movimentos incrementais na direção X e Z no torneamento

*Tabela 1 Caracteres em um programa CNC e suas funções*

Para ordenar ou o ajustar o sistema de comando para obter uma desejada condição, utilizam-se as funções preparatórias também conhecidas como **código G**.

O código G consiste em uma série de comandos que definem os movimentos da ferramenta de corte, como movimentos lineares, posicionamentos, velocidades de corte, rotações de ferramentas e muito mais. Cada comando começa com uma letra G seguida de números e, às vezes, letras adicionais para parâmetros específicos.

<b>CÓDIGO G</b>	<b>Função</b>
<b>G00</b>	Interpolação linear com avanço rápido
<b>G01</b>	Interpolação linear com avanço programado
<b>G02</b>	Interpolação circular sentido horário com avanço programado
<b>G03</b>	Interpolação circular sentido anti-horário com avanço programado
<b>G04</b>	Tempo de permanência
<b>G17</b>	Seleção do plano de trabalho XY
<b>G18</b>	Seleção do plano de trabalho ZX
<b>G19</b>	Seleção do plano de trabalho YZ
<b>G28</b>	Retorna a posição zero máquina
<b>G40</b>	Cancela compensação de raio de ferramenta
<b>G41</b>	Compensação de raio de ferramenta à esquerda
<b>G42</b>	Compensação de raio de ferramenta à direita
<b>G43</b>	Compensação de comprimento de ferramenta (positivo)
<b>G44</b>	Compensação de comprimento de ferramenta (negativo)
<b>G53</b>	Coordenada de trabalho em relação ao zero da máquina
<b>G54 a G59</b>	Coordenadas de trabalho
<b>G80</b>	Cancelamento dos ciclos fixos
<b>G81 a G89</b>	Ciclos fixos
<b>G90</b>	Posicionamento absoluto
<b>G91</b>	Posicionamento incremental
<b>G92</b>	Estabelece sistema de coordenadas
<b>G94</b>	Avanço dado em milímetros por minutos
<b>G95</b>	Avanço em milímetros por rotação
<b>G96</b>	Rotação do fuso dado em velocidade de corte constante
<b>G97</b>	Rotação do fuso dado em RPM

*Tabela 2 Funções preparatórias do programa CNC - padrão ISO 1056*

Abaixo, apresenta-se a estrutura geral de um programa CNC:

- i) **Cabeçalho do Programa** – O cabeçalho é a seção inicial do programa CNC que contém informações importantes, como o nome do programa, data de criação, nome do operador e outras notas de referência.

```

1 : (PGM, NOME="0110001")
2 (Nome do Operador: Teldio Calbe)
3 (Data: 22/09/2023)
4
5 ; MACHINE
6 ; VENDOR EXERON
7 ; MODEL HSC 800 3-AXIS

```

Figura 1 Exemplos de informações que podem aparecer no cabeçalho

- ii) **Configurações e Inicializações** – Após o cabeçalho, o programa inclui comandos que configuram a máquina e as ferramentas.

```

8
9 ; T1 D=50 CR=0 - ZMIN=-2 - FACE MILL
10 ; T2 D=16 CR=0 - ZMIN=-22 - FLAT END MILL
11 ; T3 D=20 CR=0 TAPER=118DEG - ZMIN=-48.009 - DRILL
12 : G90 G40 G94
13 G17
14 G71
15 M26

```

Figura 2 Exemplos de informações que podem aparecer nas configurações

- iii) **Sequência de Movimento** – é a parte principal do programa, que descreve os movimentos da ferramenta de corte ao longo das coordenadas X, Y e Z.

```

25 G18 G3 X176.5 Z-2 I176.5 K3 F460
26 G1 X149
27 X0
28 G17 G2 Y45.008 I0 J27.625
29 G1 X149
30 G3 Y79.775 I149 J62.392
31 G1 X0
32 G18 G3 X-5 Z3 I0 K3
33 G0 Z20
34 G17

```

Figura 3 Exemplos de comandos de movimento

- iv) **Comandos de Controle** – Além dos comandos de movimento, existem comandos de controle que controlam aspectos da máquina durante a usinagem. Isso pode incluir comandos para ligar e desligar o eixo, acionar a refrigeração, trocar ferramentas e outros.

35	M5
36	M26
37	; 2D POCKET3
38	M9
39	M1
40	:T2 M6
41	:T3
42	S5000 M3

Figura 4 Exemplos de comandos de controlo

- v) **Final do Programa** – O programa CNC termina com um comando que indica o fim do programa.

1149	M30
1150	M2

Figura 5 Comandos de fim do programa CNC

### 3.2. Métodos de programação

#### 3.2.1. Programação Manual

A programação manual é aquela na qual o programador escreve diretamente o código G que controla a máquina. Isso requer um conhecimento profundo das operações de usinagem e das capacidades da máquina. É frequentemente usado para tarefas simples, em máquinas mais antigas e em que a geometria dos produtos usinados é muito simples e, em vários casos, pode ser tratado como programação em 2.5D (2 ½ eixos)<sup>1</sup>.

Na programação manual, todos os cálculos são feitos manualmente com o auxílio de calculadora e sem o auxílio de sistemas computacionais gráficos. O programa quando muito grande geralmente é digitado em um editor de texto no computador e, após, enviado para máquinas via dispositivos de entrada (cabo ou cartão de memória).

A programação manual de CNC tem várias desvantagens em comparação com a programação assistida por computador (CAM) ou outros métodos mais avançados. Estas desvantagens são:

<sup>1</sup> Processo de fresagem pela qual somente os eixos X e Y movimentam-se simultaneamente, ficando o eixo Z somente com o movimento que determina a profundidade da usinagem.

- **Propensão a erros humanos** – A programação depende da precisão do operador na criação do código G ou M, o que pode levar a erros de digitação, sintaxe ou lógica. Um erro na programação pode resultar em peças defeituosas ou danos à máquina;
- **Complexidade** – A programação pode ser complexa, especialmente para peças com geometrias complicadas. Isso requer um conhecimento profundo do processo de usinagem, da máquina e das instruções de programação;
- **Tempo e esforço** – Para peças complexas a programação é demorada e requer um grande esforço e cada movimento da ferramenta deve ser programado individualmente;
- **Falta de otimização** – Se o programador não for experiente não leva em consideração a otimização do trajeto da ferramenta ou a minimização do tempo de usinagem. Isso pode resultar em ciclos de usinagem mais longos e maior desgaste da ferramenta;
- **Dificuldade de edição** – Fazer alterações em um programa CNC manualmente pode ser complicado e propenso a erros. Pequenas mudanças podem exigir a reescrita de várias linhas de código;
- **Experiência necessária** – A programação manual de CNC requer operadores altamente treinados e experientes. Iniciantes podem ter dificuldade em criar programas eficientes e sem erros.

### 3.2.2. Programação CAM

A programação CAM (Computer-Aided Manufacturing) em CNC é um processo mais moderno, automatizado e amigável do que a programação manual de CNC. Ela envolve o uso de software CAM como o SolidWorks e Autodesk Inventor para criar programas CNC com base em modelos 3D de peças a serem usinadas. Estes softwares permitem fazer a seleção de parâmetros de operação, podendo escolher a melhor estratégia para o caminho da ferramenta, a ferramenta e seus parâmetros de corte e uma tolerância para o processo de usinagem.

Em termos gerais, os sistemas CAD/CAM seguem os seguintes passos para a obtenção de programas CNC:

- i. Preparação das superfícies a serem usinadas;
- ii. Seleção dos parâmetros e variáveis de processo (tolerâncias, sobrespessuras, ferramentas, parâmetros de corte, etc.);
- iii. Definição das trajetórias das ferramentas. Em alguns softwares a geração das trajetórias da ferramenta é feita de forma automática;
- iv. Simulação no software CAM. Isso permite verificar se o programa funciona conforme o esperado, identificar quaisquer problemas potenciais e garantir que não ocorram colisões entre a ferramenta e a peça.
- v. Pós-processamento dos programas, adequando ao formato do comando numérico específico.

A programação CAM tem várias vantagens em comparação com a programação manual. Estas vantagens são:

- **Precisão aprimorada** – Como a programação CAM é baseada em modelos 3D detalhados, tem-se em uma maior precisão na usinagem das peças. Erros humanos são minimizados, resultando em produtos finais mais precisos e consistentes.
- **Eficiência** – A automação da programação CAM acelera o processo de criação de programas CNC. Isso economiza tempo, reduz o tempo de inatividade da máquina e aumenta a produtividade geral.
- **Complexidade gerenciável** – Peças complexas e geometrias difíceis de programar manualmente são tratadas com facilidade pelo software CAM. Em alguns softwares as estratégias de usinagem avançadas podem ser aplicadas automaticamente para otimizar o processo.
- **Simulação e verificação** – O software CAM permite simular todo o processo de usinagem antes de enviar o programa para a máquina CNC. Isso ajuda a identificar erros, colisões de ferramentas e outros problemas potenciais antes que eles ocorram na realidade.
- **Redução de erros** – Como a programação CAM é menos suscetível a erros humanos, os riscos de produzir peças defeituosas são reduzidos. Isso economiza materiais e evita desperdícios.

- **Flexibilidade e edição** – Fazer alterações no programa CNC é mais fácil no software CAM do que na programação manual. Pode – se fazer ajustes no modelo 3D ou nas configurações das ferramentas e regenerar o programa rapidamente.
- **Otimização de recursos** – Os softwares CAM são capazes de otimizar a utilização de recursos, como a seleção de ferramentas, a minimização de trajetórias de ferramentas e a economia de material, resultando em menor custo de produção.
- **Padronização** – O uso de software CAM permite estabelecer padrões de programação, o que é especialmente útil em ambientes de fabricação onde várias máquinas CNC são usadas para produzir peças semelhantes.

## Capítulo IV

### 4. Metodologia de Simulação em CAM

De um o modo geral o código G é gerado e simulado em um ambiente virtual, usando as ferramentas CAD/CAM onde consegue-se uma maior eficiência durante o processo produtivo, evitando-se erros de programação. O Objectivo é apresentar uma metodologia de simulação do processo de usinagem (Fresagem) utilizando os softwares AutoCAD Inventor CAM e o SolidWorks devido ao facto de estes serem os mais comuns na indústria para este tipo de aplicação.

#### 4.1. Estrutura geral da metodologia proposta

Para o desenvolvimento desta metodologia inicialmente definiu-se um fluxograma com a sequência de informações que o sistema deve seguir o qual é representado na figura 6.

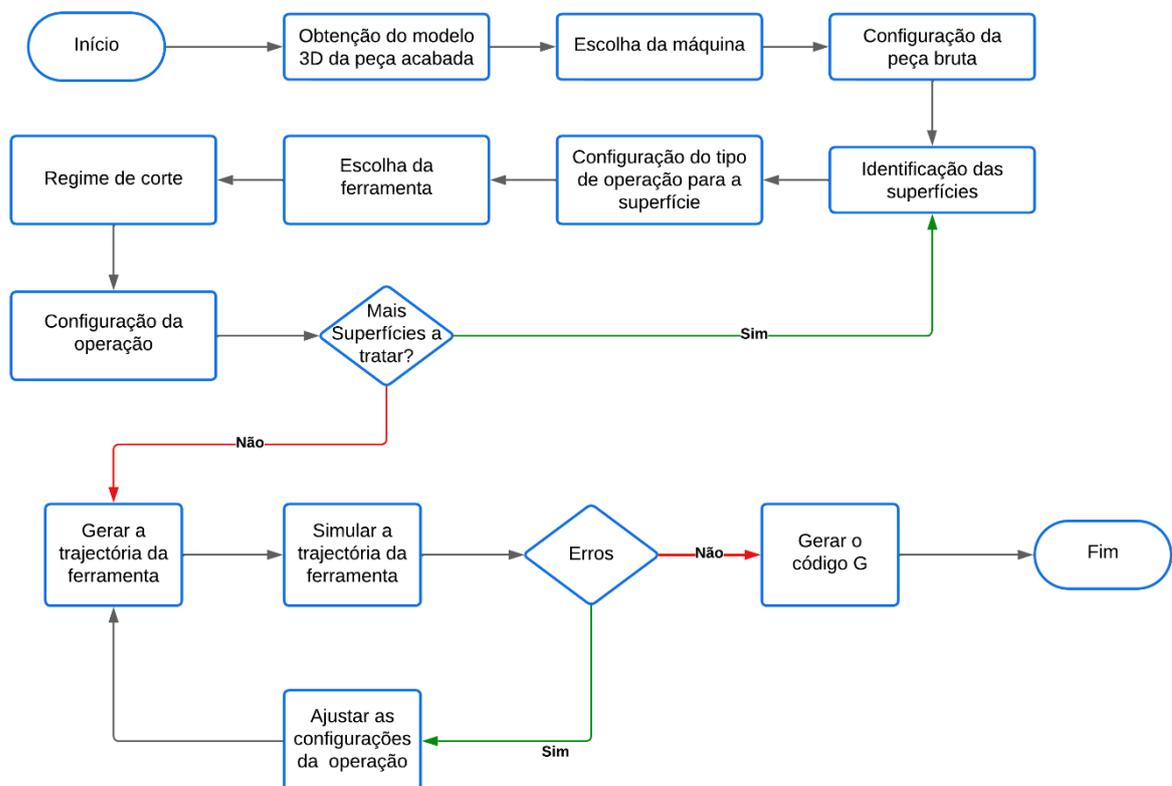


Figura 6 Fluxograma da estrutura básica da metodologia

## 4.2. Modelo da peça acabada

Antes de começar com a configuração e introdução das informações dos parâmetros da simulação, é necessário ter um design detalhado da peça acabada (Modelo em CAD) que se deseja produzir. O CAD é uma categoria ampla de software que permite aos engenheiros e designers criar modelos 3D detalhados das peças a fabricar. Estes modelos são fundamentais para visualizar, analisar e otimizar o design de peças antes da fabricação. Os Softwares populares incluem AutoCAD Inventor, SolidWorks, CATIA, NX e Fusion 360.

Para a nossa metodologia escolheu-se o AutoCAD inventor para a concepção dos modelos a simular, mas isto não significa que modelos concebidos em outros softwares não possam ser utilizados. Caso o modelo tenha sido concebido em um outro software, é possível importar estes modelos para o AutoCAD seguindo os passos abaixo:

- I. No Inventor, clique na guia "Arquivo" no canto superior esquerdo do programa.

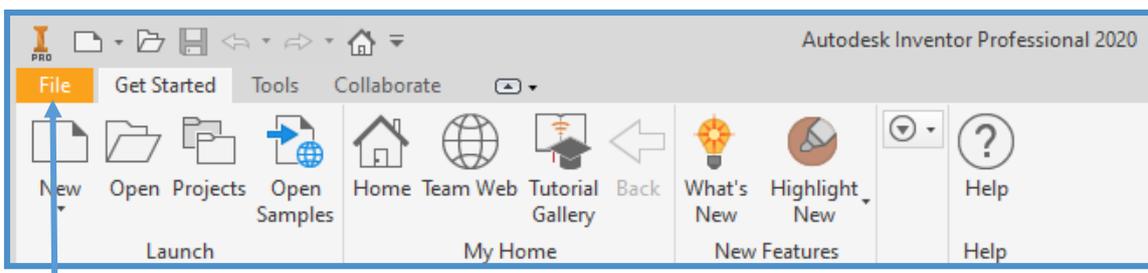


Figura 7 Abas principais do Autodesk inventor

- II. Expanda a opção "Abrir" e selecione "Importar Ficheiros CAD".

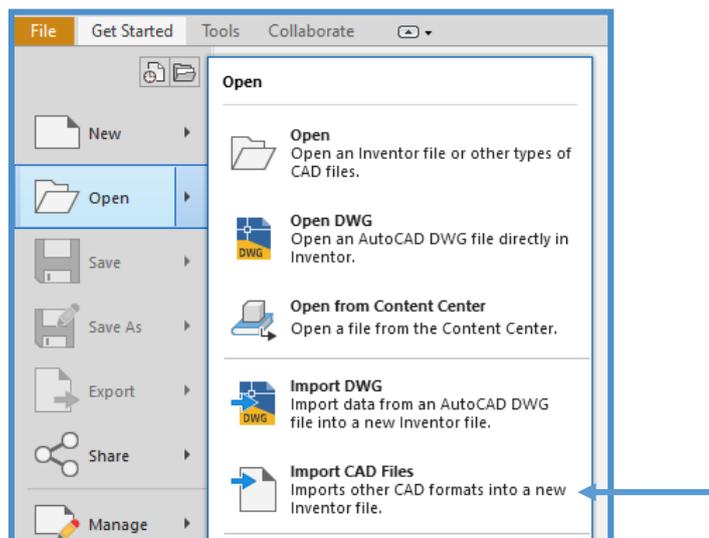


Figura 8 Opções de abertura de projectos no Autodesk inventor

III. Selecione o arquivo que será aberto.

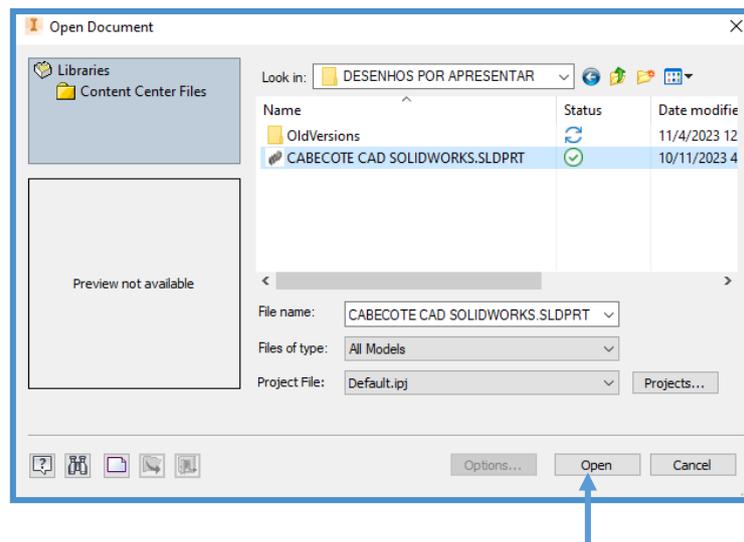


Figura 9 Opções de importação de projectos no Autodesk Inventor

Recomenda-se o Autodesk Inventor e o SolidWorks pois estes permitem que os usuários criem uma geometria associativa. Isto significa que as alterações feitas em um parâmetro afetam automaticamente outros elementos do modelo, tornando o processo de design mais flexível e eficiente.

### 4.3. Escolha da máquina e configuração do modelo da peça bruta

A escolha adequada de uma fresadora CNC para usinagem de uma determinada peça depende de vários fatores, como o tipo de material da peça, a geometria da peça, a precisão necessária, a complexidade da peça, o tamanho da peça, a quantidade de peças a serem produzidas e o orçamento disponível. Os principais aspectos a serem considerados são:

#### i. Material da peça

O tipo de material a ser usinado é crucial. Materiais mais duros podem exigir máquinas mais robustas e ferramentas de corte específicas.

#### ii. Complexidade da peça

A geometria e a complexidade da peça influenciam na escolha da fresadora. Máquinas de 3 eixos podem ser suficientes para peças mais simples, enquanto peças mais complexas podem exigir máquinas de 4 ou 5 eixos para garantir acesso adequado a todas as faces da peça.

### iii. Software de Controlo CNC

A qualidade do software de controle CNC é crucial. Deve ser capaz de lidar com a programação necessária para a peça em questão, ser compatível com os requisitos do projeto e que esteja na lista de biblioteca do software que será utilizado durante as simulações, isto garante com que o código G gerado pelo software seja compatível com a fresadora escolhida para usinagem da peça.

Ao considerar esses fatores, pode-se fazer as escolhas mais informadas ao selecionar uma fresadora CNC para usinagem de peças específicas.

Peças brutas são peças que ainda não foram moldadas ou processadas (usinadas). Elas podem ser obtidas por meio de corte, fundição, forjamento, laminação ou estampagem. A peça bruta tem geralmente a configuração mais simples de que a peça acabada e as dimensões externas da peça bruta que precisam ser usinadas a posterior têm os valores maiores de que peça acabada e as dimensões internas tem valores menores, estes valores chamam-se de dimensões de sobresspessura.

O primeiro e mais importante passo para a programação CNC e a posterior simulação é a definição correcta da fresadora, escolha da posição zero da ferramenta, a definição da peça bruta a introdução dos valores de sobresspessura da peça bruta no software. Estes parâmetros podem ser alterados dependendo da Máquina/Tipo de Operação selecionado. Podem ser feitas seguindo as seguintes etapas:

- I. No Inventor, clique na guia "CAM".

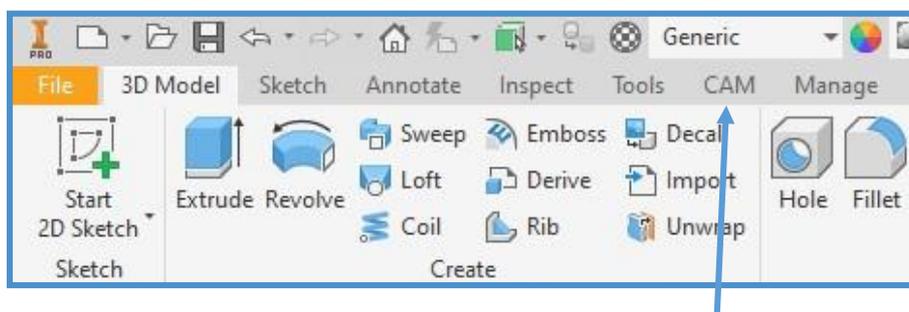


Figura 10 Guia para acesso as operações no Inventor CAM

II. No Painel “Trabalhos”, clique na função “Configurar”.

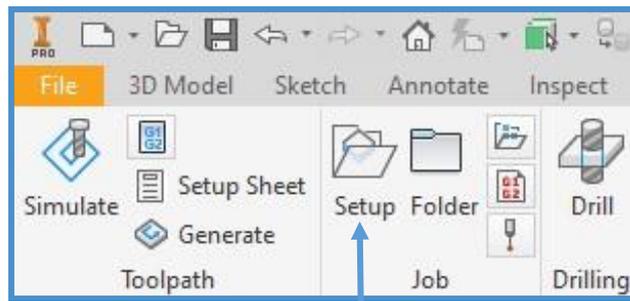


Figura 11 Guia para configuração de uma nova operação

III. Selecione a máquina. No tipo de operação selecciona-se fresagem

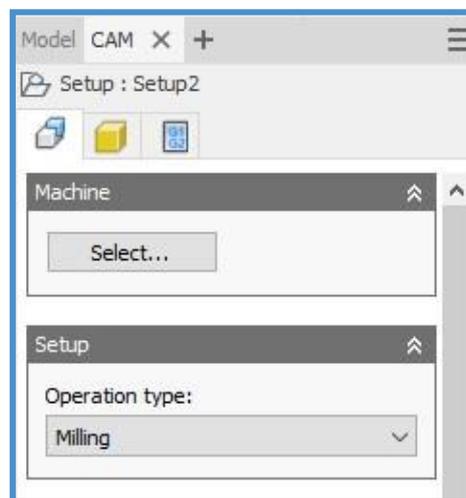


Figura 12 Primeiras configurações das operações

IV. Define-se o Sistema de coordenadas da máquina e a orientação dos eixos escolhendo uma face ou borda do modelo da peça acabada.

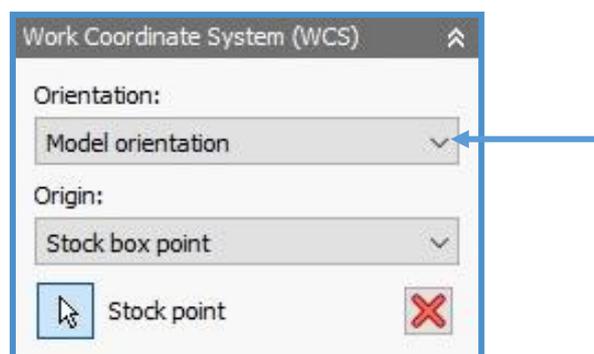


Figura 13 Configuração do sistema de coordenadas

O Sistema de Coordenadas de Trabalho (WCS) é usado para definir o plano de usinagem e a origem zero da peça. As coordenadas no código NC pós-processado serão referenciadas a partir deste sistema de coordenadas. O WCS assume como padrão a orientação Modelo.

Recomenda-se que ao selecionar um plano de usinagem o Z positivo deve apontar para longe da face a ser usinada. As setas da tríade do eixo colorido indicam a direção positiva para o eixo. Se nenhuma letra do eixo for mostrada, Vermelho representa X+, Verde representa Y+ e Azul representa Z+.

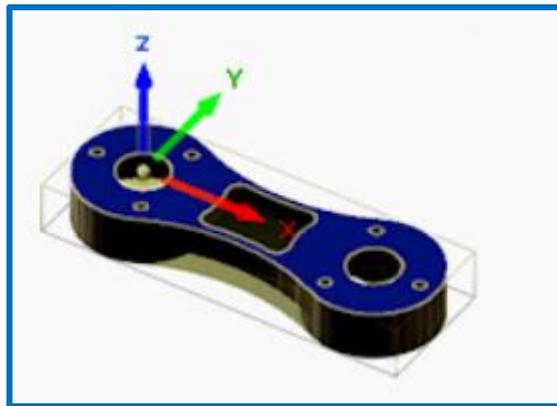


Figura 14 O eixo Z aponta para longe da face a ser usinada.

V. Selecione a Origem dos eixos. O ponto onde o Zero deve estar localizado a ferramenta

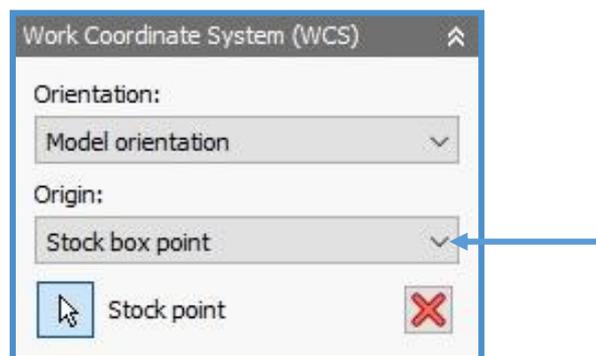


Figura 15 Configuração do ponto de origem

A origem define a referência para os caminhos de ferramentas. As coordenadas no código NC pós-processado serão referenciadas a partir deste sistema de coordenadas. Seleciona-se a Referência no menu suspenso para localizar a origem do WCS.

- **Origem do modelo da peça acabada** – Usa a origem do sistema de coordenadas (WCS) da peça atual para a origem.
- **Ponto selecionado** – Selecione um vértice ou uma aresta da peça acabada para a origem.
- **Ponto da caixa na peça bruta** – Selecione um ponto na caixa delimitadora de estoque para a origem do WCS (Figura 8).

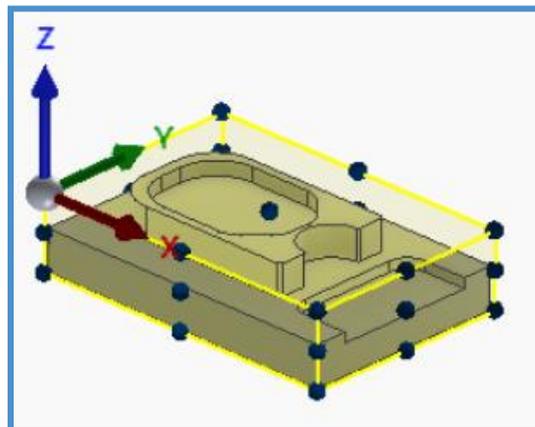


Figura 16 Exemplo de origem seleccionada a partir de um ponto na peça bruta

## VI. Definir o tamanho e a forma da peça bruta

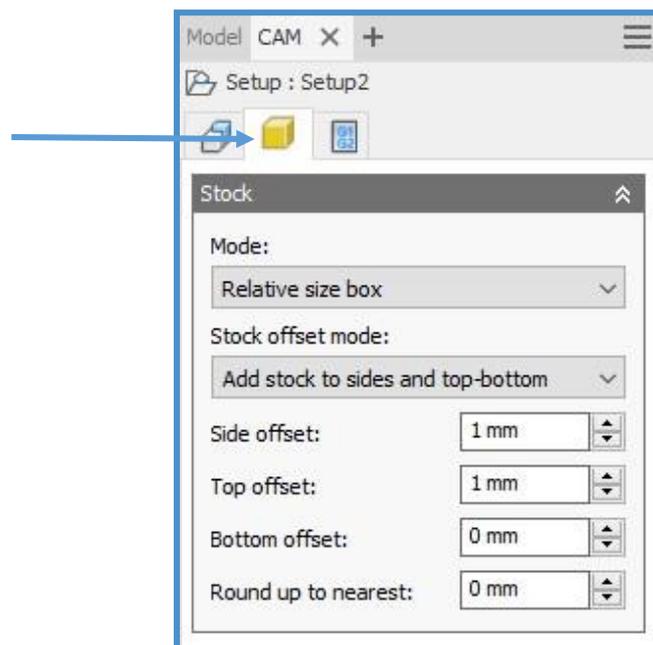


Figura 17 Configuração da peça bruta e dimensões de sobresspessuras.

Recomenda-se que se utilize **caixa de tamanho relativo**, assim a peça bruta Cria-se a partir do modelo da peça acabada.

VII. Adiciona-se um nome ao programa e comentários (Opcional)

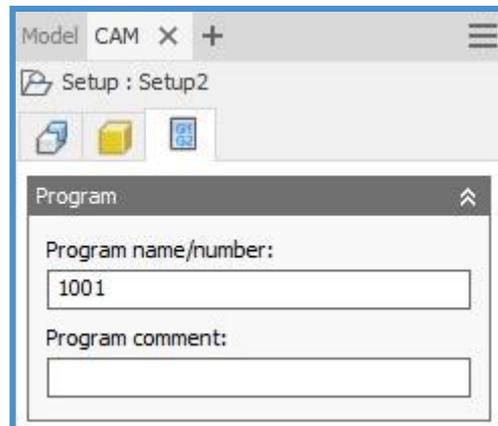


Figura 18 Configuração do nome do programa CNC

#### 4.4. Identificação e escolha da sequência de tratamento de cada superfície

Para identificar as superfícies a serem tratadas, é necessário ter o desenho de fabricação da peça. O desenho de fabricação contém, informações detalhadas sobre a peça, incluindo dimensões, tolerâncias geométricas e dimensionais, acabamento superficial e outras especificações. Presta-se atenção às tolerâncias especificadas e aos requisitos de acabamento superficial. Isso pode indicar quais superfícies são críticas e precisam de atenção especial durante o processo de fresagem.

#### 4.5. Configuração da operação para cada tipo de superfície

As operações de fresagem no software podem ser agrupadas em 5 categorias:

- Furamento;
- Fresagem 2D;
- Fresagem 3D;
- Fresagem Multi-eixos.

### 4.5.1. Furamento

A operação de furamento é usado para criar uma variedade de tipos de furos, como furo passante, furo cego, furo roscado e mandrilamento. Esta operação normalmente acionará os ciclos Fixos dos controles CNC. Esses ciclos incorporam os movimentos comuns usados para uma tarefa específica de usinagem de um furo. Geralmente existem ciclos fixos para furação básica, furação profunda, escareamento, mandrilamento e rosqueamento. A saída do ciclo fixo no código final depende do pós-processador e dos recursos de sua máquina.

Esta operação pode ser configurada seguindo as etapas:

- I. Na Guia CAM, no painel “Drilling” clique em drill

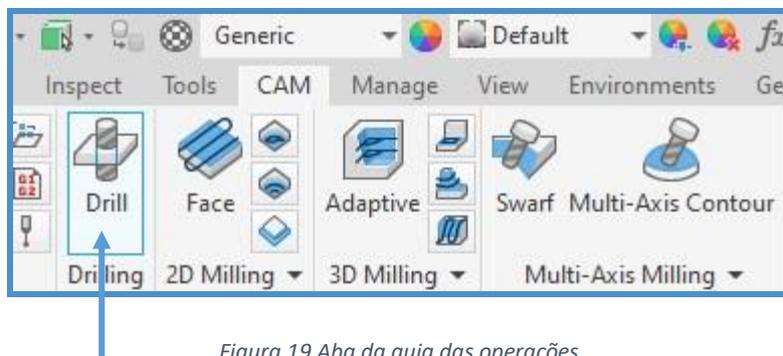


Figura 19 Aba da guia das operações

- II. Configurações da ferramenta

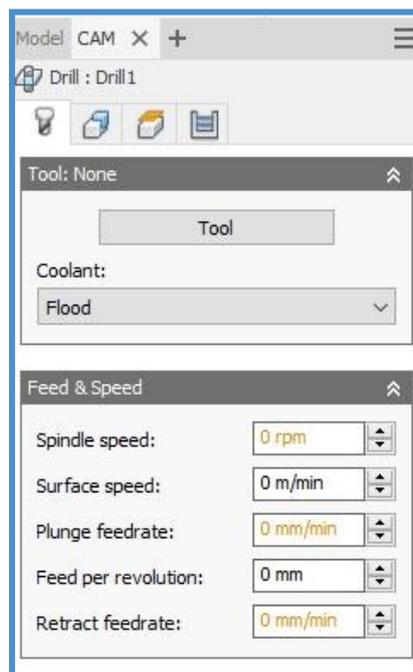


Figura 20 Configuração da ferramenta e parâmetros de corte para operação de Furamento.

Seleciona-se o tipo de ferramenta, o tipo de líquido de arrefecimento usado com a máquina-ferramenta e os parâmetros de corte.

### III. Configurações da guia Geometria

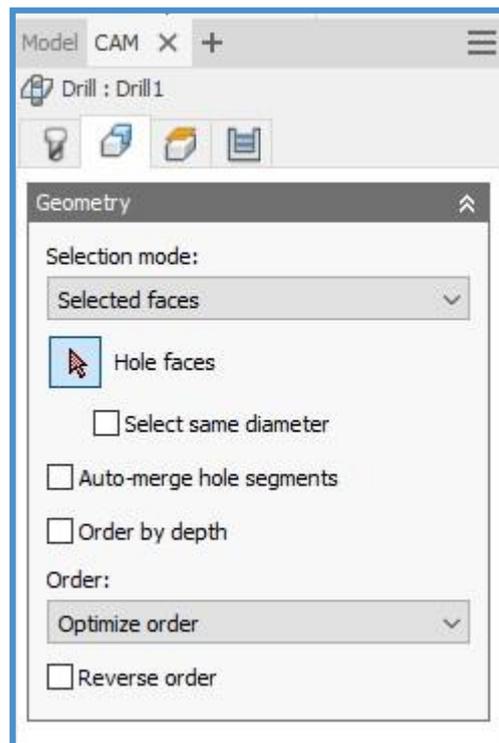


Figura 21 Selecção das superfícies a serem usadas no Furamento.

A Selecção da geometria do furo a ser usinado pode ser feita diretamente das características da geometria do modelo (em CAD) da peça acaba, e também pode ser selecionada a partir de um esboço, (por exemplo: pontos centrais de arcos no modelo da peça). A maneira mais fácil é selecionar as faces cilíndricas dos furos. Isso define automaticamente a altura e a profundidade corretas para cada furo. Feita a selecção, um reconhecimento furos com diferentes alturas e profundidades de partida será feito de forma automática, para criar uma única operação de furamento. Observa-se que, depois da Selecção de faces cilíndricas, a serem usadas a opção selecionar mesmo diâmetro está disponível. Isso permite a seleção fácil e automática - de quaisquer furos semelhantes.

#### IV. Configuração do ciclo

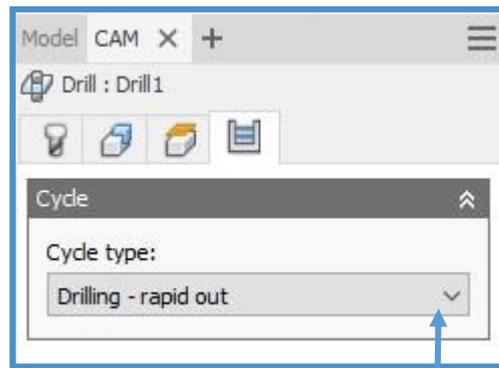


Figura 22 Configuração de ciclos de furamento

Existem vários tipos de movimento de perfuração que se pode executar durante as simulações. Escolhe-se o tipo de movimento da ferramenta seguindo-se as recomendações da tabela abaixo:

<b>Tipo de ciclo/Movimento</b>	<b>Recomendação</b>
<b>Drilling</b>	Para furos com menos de 3 vezes o seu diâmetro
<i>Counterboring</i>	Quando se pretende ter um melhor acabamento no fundo do furo
<i>Chip breaking</i>	Para furos com mais de 3 vezes o seu diâmetro
<i>Deep drilling</i>	Para furos com mais de 3 vezes o seu diâmetro para materiais muito duros
<i>Guided deep drilling</i>	Quando se pretende obter furos de alta precisão
<i>Boring</i>	Quando se pretende mandrilar o furo
<i>Reaming</i>	Quando se pretende aumentar a qualidade de superfície de um furo existente
<i>Thread Milling</i>	Pode se usar quando se deseja ciclos customizados para abertura de roscas helicoidais

Tabela 3 Movimentos de perfuração

#### 4.5.2. Fresagem 2D

A fresagem 2D também chamado de fresagem de 2,5 eixos é comumente usado para peças retangulares com cavidades e usinagem geral em oficinas.

##### a) Facejamento

O Facejamento serve para a rápida remoção de sobressessuras da superfície superior na peça bruta. É usado para usinar áreas planas.

Esta operação pode ser configurada seguindo as etapas:

I. Na Guia CAM, no painel “2D Milling” clique em “Face”.



Figura 23 Aba da guia das operações - Facejamento

II. Configurações da guia Ferramenta

Seleciona-se o tipo de ferramenta, o tipo de líquido de arrefecimento usado com a máquina-ferramenta e os parâmetros de corte.

III. Configurações da superfície a usar

O caminho da ferramenta no facejamento sempre pressupõe que se deseja usar a parte superior da peça bruta a uma profundidade de  $Z_0$ . Geralmente, nenhuma seleção é necessária para a trajectória da ferramenta. O software detecta automaticamente o tamanho e a forma da peça bruta definindo assim os parâmetros de configuração da operação. Mas também é possível seleccionar uma área específica, usa-se a opção “Seleções” mostrada abaixo. Depois de seleccionada a área a ser usinada, é mostrada em amarelo como ilustra a figura abaixo.

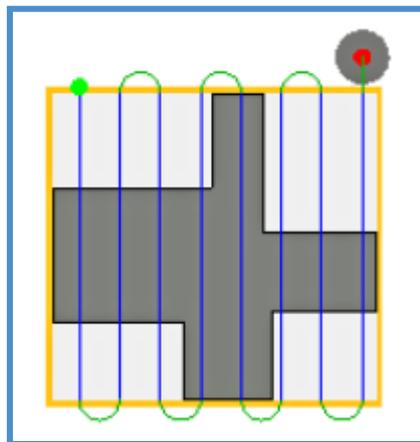


Figura 24 Exemplo de trajectória da ferramenta para facejamento

#### IV. Configurações da trajectória da ferramenta

- **Tolerância**

A tolerância indica o valor de precisão com que o caminho de ferramenta corresponde à forma desejada. É tentador sempre usar tolerâncias muito apertadas, mas há compensações, incluindo tempos de cálculo da trajectória da ferramenta mais longos, arquivos de código G grandes e movimentos de linha muito curtos. Movimentos de linhas curtos, juntamente com altas taxas de alimentação, podem resultar em um fenômeno conhecido como “Data Starving”.

O Data Starving ocorre quando o controle fica tão sobrecarregado de dados que não consegue acompanhar. Os controlos CNC só podem processar um número finito de linhas de código (blocos) por segundo. Isso pode ser de apenas 40 blocos/segundo em máquinas mais antigas e 1.000 blocos/segundo ou mais em uma máquina mais nova. Movimentos de linha curtos e altas taxas de alimentação podem forçar a taxa de processamento além do que o controle pode suportar. Quando isso acontece, a máquina deve pausar após cada movimento e aguardar o próximo comando.

- **Ângulo da direção da trajectória da ferramenta**

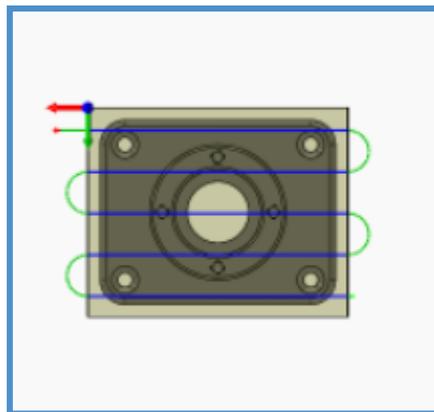


Figura 25 Trajectória da ferramenta com ângulo 0°

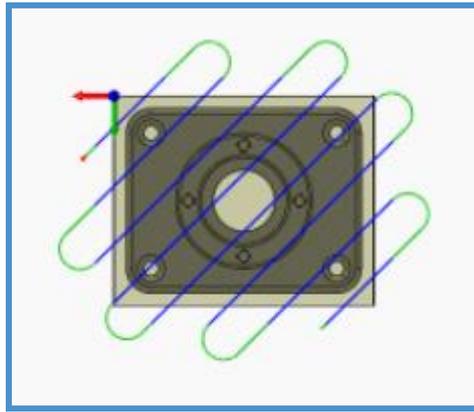


Figura 26 Trajectória da ferramenta com ângulo 0º

Este comando especifica o ângulo da direção da trajetória da ferramenta. Altera-se a direção do do ângulo quando se pretende melhorar a eficiência do faceamento. Por exemplo, em uma face triangular pode-se facear com menos passes em um ângulo diferente de 0º.

- **Extensão da trajetória da ferramenta**

Distância para estender os passes além do limite de usinagem. Ao estender a trajetória ajuda a reduzir a carga na ferramenta e consequentemente aumentado a vida útil da ferramenta.

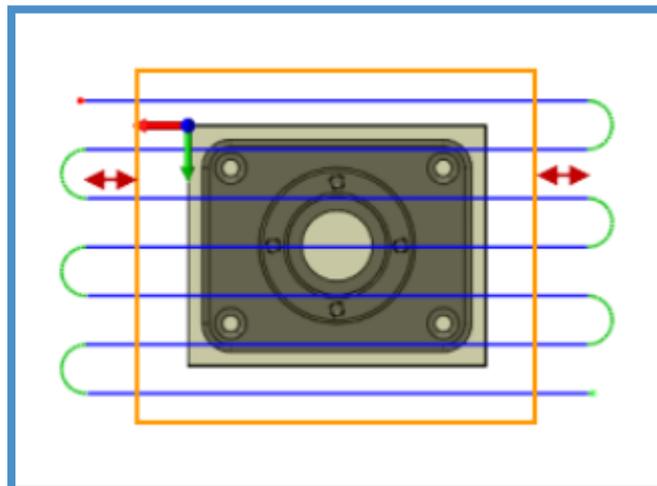


Figura 27 Exemplo da trajetória estendida da ferramenta

- **Passo lateral da trajetória da ferramenta**

Este especifica o passo horizontal entre passagens. Recomenda-se que por padrão este valor seja 95% do diâmetro da fresa menos o raio do canto da ferramenta.

- **Direcção da trajectória da ferramenta**

Este comando permite controlar o método de corte. O padrão é usinar em ambos os sentidos, para frente e para trás na face. Pode-se optar por usinar em uma direcção seleccionando fresagem ascendente ou convencional.

- **Profundidade de Corte**

Este comando permite controlar a profundidade de corte ao longo do eixo Z da ferramenta.

### **b) 2D Pocket**

Esta operação serve para desbaste e acabamento de uma cavidade ou a área ao redor de uma saliência.

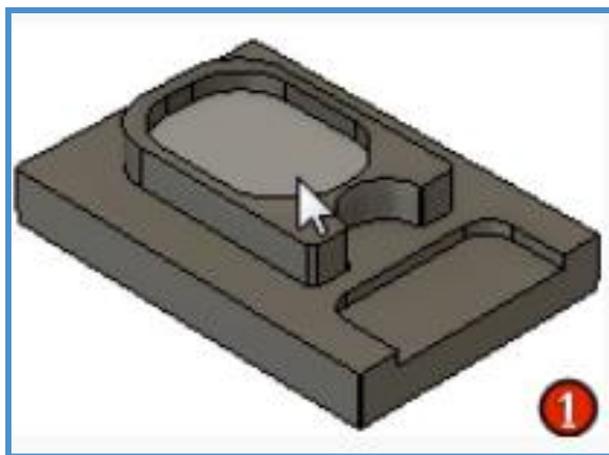
Esta operação pode ser configurada seguindo as etapas:

- I. Na Guia CAM, no painel “2D Milling” clique em “2D Pocket”
  
- II. Configurações da ferramenta

Selecciona-se o tipo de ferramenta, o tipo de líquido de arrefecimento usado com a máquina-ferramenta e os parâmetros de corte.

- III. Configurações da superfície a usinar

A selecção do volume a ser usinado pode ser feita seleccionando as faces, arestas.



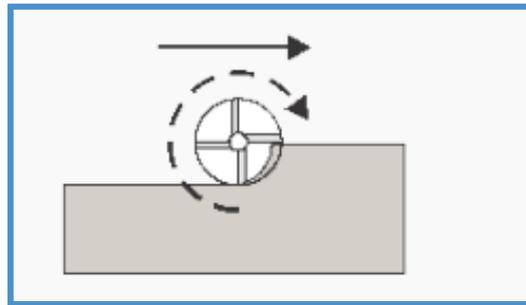
*Figura 28 Exemplo de selecção de superfície a ser usinada*

Selecciona-se as Faces, Arestas ou Esboços. Onde pode-se remover o material da peça bruta.

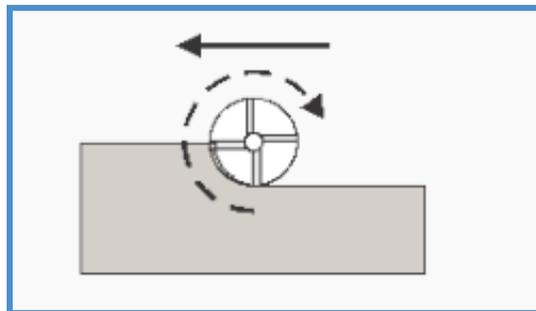
#### IV. Configurações da trajectória da ferramenta

- **Compensação lateral**

Esta configuração determina o lado do caminho de ferramenta do qual a central de ferramentas é deslocada. Escolha-se entre compensação lateral esquerda (fresagem ascendente) ou compensação lateral direita (fresagem convencional).



*Figura 29 Fresagem por escalada*



*Figura 30 fresagem convencional*

A fresagem por escalada pode ser pensada como a ferramenta "rolando" a superfície que está cortando. Isso geralmente dá um melhor acabamento na maioria dos metais, mas requer boa rigidez da máquina. Usando este método, os cavacos começam na espessura máxima e ficam mais finos no final do corte, o que significa mais calor no cavaco e menos na peça.

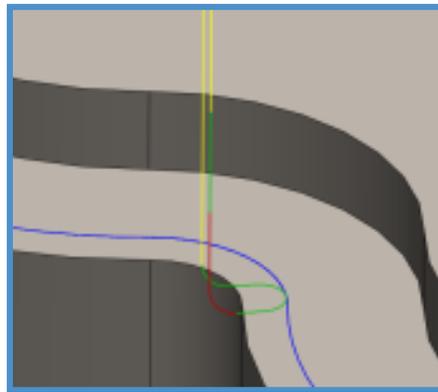
Com a fresagem convencional, o cortador está "girando para longe" da superfície que está cortando. Este método é mais comumente usado com máquinas manuais ou menos rígidas. Ele tem algumas vantagens, e pode até dar um melhor acabamento ao usinar certos materiais, incluindo algumas madeiras.

- **Repetição do passe de acabamento**

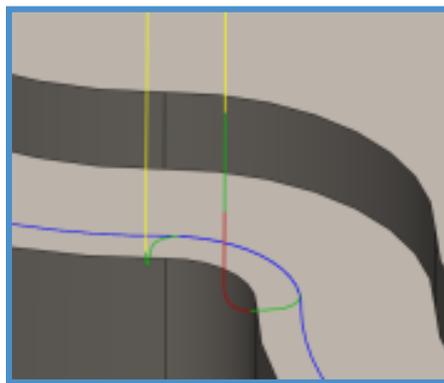
Permitir executar o passe final de acabamento duas vezes para remover a sobresspessura deixado devido à deflexão da ferramenta.

- **Sobreposição de acabamento**

A sobreposição de acabamento é a distância que a ferramenta passa além do ponto de entrada antes de sair. A especificação de uma sobreposição de acabamento garante que o material no ponto de entrada seja limpo corretamente.

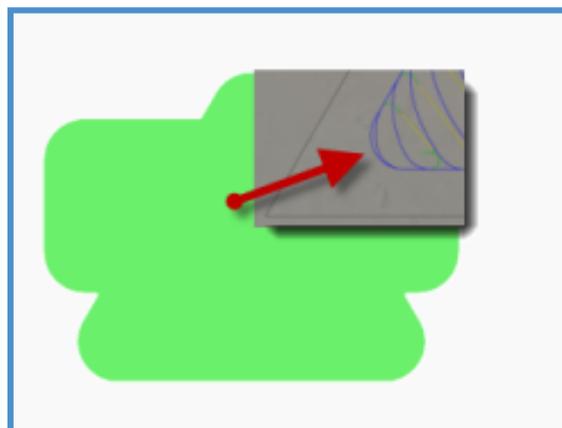


*Figura 31 Usinagem sem sobreposição de acabamento*

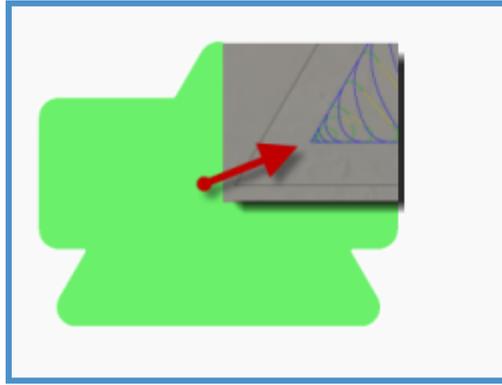


*Figura 32 Usinagem com sobreposição de acabamento de 6mm*

- **Raio de corte mínimo**



*Figura 33 Usinagem com raio de corte mínimo definido*



*Figura 34 Usinagem sem raio de corte definido*

Sem raio de corte mínimo definido – A trajetória da ferramenta tenta remover o material em qualquer lugar que a ferramenta selecionada possa alcançar. Isso produz cantos afiados que muitas vezes leva à tagarelice na parte usinada.

- **Usinagem espiral morfa**

Habilite a criar uma trajetória da ferramenta de movimento espiral constante para a cavidade. Isso pode proporcionar um funcionamento suave na máquina.

### c) **2D Contour**

O contorno 2D permite que você usine perfis. A área de usinagem pode ser selecionada a partir de Bordas ou uma face sólida. Normalmente uma operação de acabamento, mas o contorno pode ser usado para fazer vários cortes.

Esta operação pode ser configurada seguindo as etapas:

- I. Na Guia CAM, no painel “2D Milling” clique em “2D Contour”
- II. Configurações da geometria

- **Geometria**

Seleciona-se qualquer face, borda ou cavidade para definir o limite de usinagem.

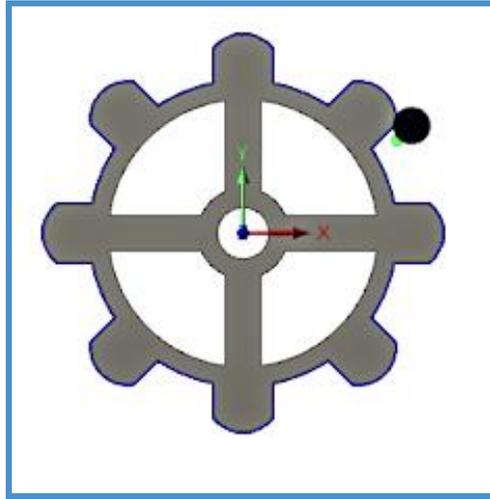


Figura 35 Definição do limite da geometria da peça

- **Seleção de contornos**

Seleciona-se qualquer face, borda ou cavidade para definir o limite de usinagem. A seleção de uma face cria trajetórias de ferramentas em todas as bordas. Usa-se a seleção de borda para áreas com furos ou cavidades na face. Selecionar a borda inferior definirá automaticamente a referência para a profundidade de corte. Para remover o material excessivo ao usar cortes múltiplos, marca-se a opção Contornos da peça bruta mostrada abaixo. A trajetórias da ferramenta será calculada entre o limite selecionado e a área externa da peça bruta.

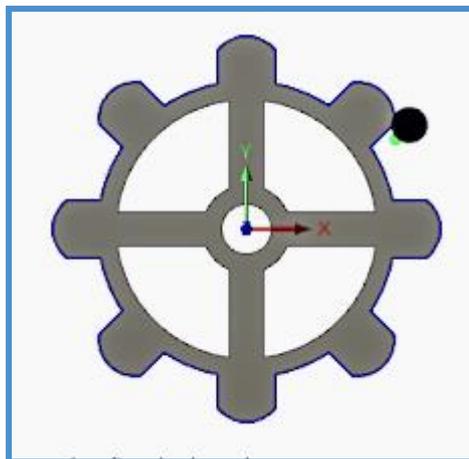


Figura 36 Seleção da borda externa

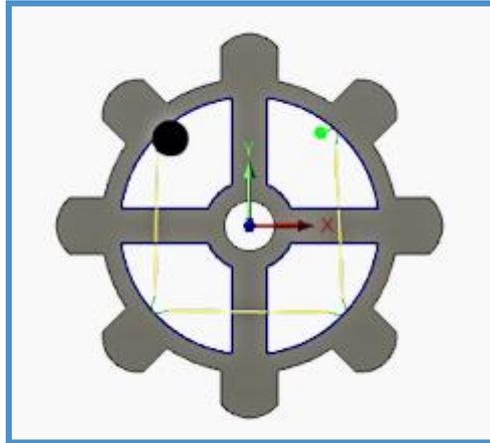


Figura 37 Seleção da borda interna

- **Contornos da peça bruta**

Quando habilitado, a trajetória da ferramenta é calculada para considerar o limite Selecionado. Seleciona-se um limite de borda ou cavidade. A trajetória da ferramenta começará fora do limite selecionado. Isso permite que você crie uma trajetória da ferramenta que se encaixe no contorno da peça.

Neste exemplo, uma única borda é selecionada para um contorno (linha azul ao lado da seta vermelha) e Roughing Passes adicionais são definidos. Stock Contours estende a trajetória da ferramenta para usinar as bordas da área da peça selecionada. Ele também pode limitar o número de passes de desbaste dentro dessa área.

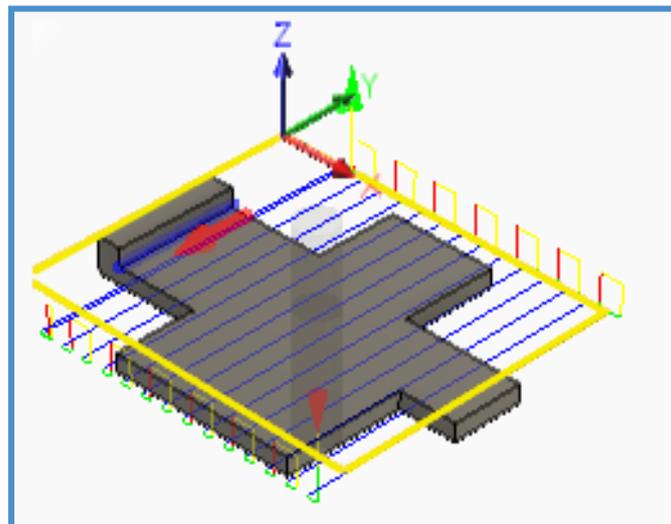


Figura 38 Limite da peça bruta configurada é mostrada em amarelo

### 4.5.3. Fresagem 3D

A fresagem 3D é utilizada para usinagem de superfície de peças com curvas e formas complexas.

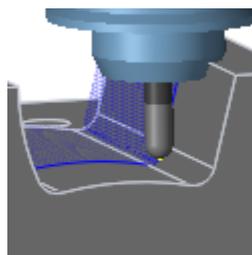
#### a) Horizontal

A estratégia Horizontal é aplicável para operações de desbaste e acabamento. Ele detecta automaticamente todas as áreas planas da peça e as usina com as trajetórias de deslocamento da mesma forma que a estratégia "Pocket Clearing". Quando a área plana é colocada acima das áreas circundantes, a ferramenta se move além das áreas planas para usinar as bordas. Existe a opção de usinar até a face horizontal em etapas, o que significa que esta estratégia é uma combinação de estratégias de desbaste e acabamento.

- I. Na Guia CAM, no painel "3D Milling" clique em "Horizontal"
  
- II. Configurações do eixo e suporte

Ao usar uma ferramenta com suporte, pode-se escolher entre um dos cinco modos diferentes de eixo e suporte, dependendo da estratégia de usinagem. O tratamento de colisões pode ser feito tanto para o eixo da ferramenta quanto para o suporte, e eles podem receber folgas separadas.

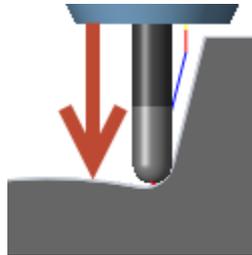
Quando desativado ignora quaisquer colisões de eixo/suporte como ilustra a figura abaixo.



*Figura 39 Colisão entre o eixo e a peça bruta*

- Afastar-se o caminho da ferramenta, afasta-se da peça de trabalho para manter uma distância segura entre o eixo e/ou o suporte.
  
- Aparado - As seções do caminho da ferramenta que resultam em distâncias seguras entre o eixo e/ou o suporte sendo violado são aparadas.

- Detectar o comprimento da ferramenta - A ferramenta é automaticamente estendida para fora do suporte para manter a distância de segurança especificada entre o eixo e/ou suporte e a peça de trabalho. Uma mensagem indicando como a ferramenta é estendida para fora do suporte é registrada.



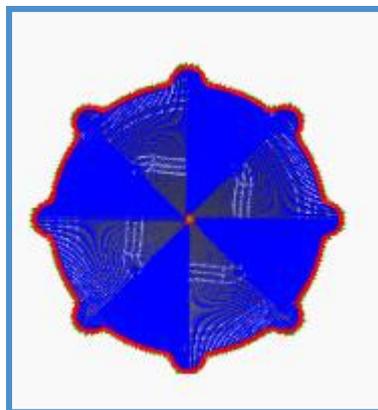
*Figura 40 Ferramenta é estendida para evitar colisões*

- **Eixo de uso** - Especifica que o eixo da ferramenta selecionada será usado no cálculo do caminho da ferramenta para evitar colisões.
- **Afastamento do eixo** - O eixo da ferramenta fica sempre a esta distância da peça.
- **Suporte de uso** - Especifica que o detentor da ferramenta selecionada será usado no cálculo do caminho da ferramenta para evitar colisões.

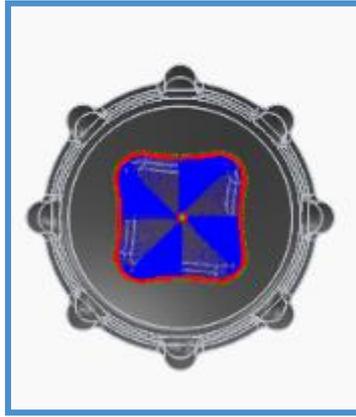
#### IV. Configurações da geometria da ferramenta

- **Limite de Usinagem**

O modo de limites específicos como o limite da trajetória de ferramentas são confinados. As imagens a seguir são mostradas usando uma trajetória de ferramenta radial 3D.



*Figura 41 Exemplo 1 - Silhueta*



*Figura 42 Exemplo 2 - Escolha*

- Caixa delimitadora - Contém trajectórias de ferramentas dentro de uma caixa definida pelas extensões máximas da peça conforme visualizado no WCS.
- Silhueta - Contém trajectórias de ferramentas dentro de um limite definido pela sombra da peça vista do WCS.
- Seleção - Contém trajectórias de ferramentas dentro de uma região especificada por um limite de Borda ou Esboço seleccionado.

- **Contenção de ferramentas**

Utiliza-se a contenção de ferramentas para controlar a posição das ferramentas em relação ao limite ou limites seleccionados.

Dentro - Toda a ferramenta permanece dentro do limite. Como resultado, toda a superfície contida pelo limite pode não ser usinada.

Centro - O limite limita o centro da ferramenta. Essa configuração garante que toda a superfície dentro do limite seja usinada. No entanto, áreas fora do limite ou limites também podem ser usinadas.

Fora - A trajectória da ferramenta é criada dentro do limite, mas a borda da ferramenta pode se mover na borda externa do limite.

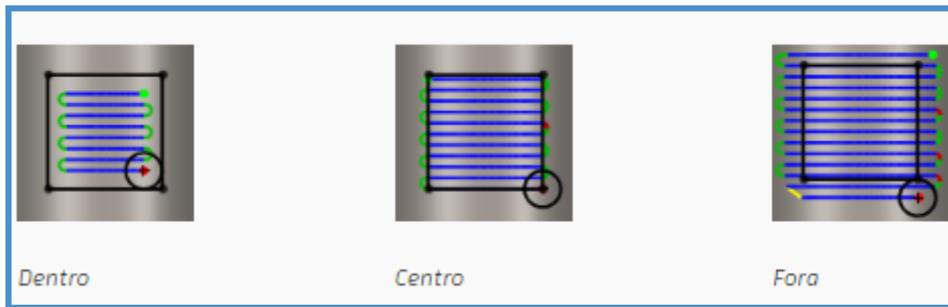


Figura 43 Tipos de contenção da ferramenta

### b) O Pocket Clearing

O Pocket Clearing é uma das duas estratégias de desbaste disponíveis para usinar grandes quantidades de material de forma eficaz. A estratégia primeiro faz uma série de usinagem a distância Z constante através da peça, e depois usina cada uma em etapas, do meio até a borda da área horizontal ao longo de passagens de deslocamento. Como em qualquer implementação dessa estratégia, o corte ao longo de toda a largura da ferramenta é possível dependendo do formato da peça.

Essa estratégia é adequada para usinagem de alta velocidade porque todos os movimentos de transição são suavizados para um raio mínimo de curvatura, e os cortes podem ser feitos tão rasos quanto necessário, para limitar a carga da ferramenta. O único lugar onde um movimento de curva apertada é necessário é na passagem final em cada nível, onde a ferramenta segue a forma da peça e, de outra forma, deixaria uma quantidade excessiva de material.

A transição entre as camadas é ao longo de um movimento helicoidal ou de rampa em um ângulo de inclinação predefinido para ferramentas.

- I. Na Guia CAM, no painel “3D Milling” clique em “O Pocket Clearing”

### c) Paralelo

O Acabamento Paralelo é uma das estratégias de acabamento mais utilizadas. Os passes são paralelos no plano XY e seguem a superfície na direção Z. Pode-se escolher o ângulo e também o passo lateral na direção horizontal. Os passes podem ser interligados em ziguezague, unidirecionais ou divididos em seções de fresagem descendente ou ascendente. Os passes de acabamento paralelos são mais adequados para áreas rasas e podem ser confinados apenas à máquina, até um determinado ângulo de contato. Além disso, uma opção para dividir os passes

em áreas de usinagem descendentes pode ser uma vantagem ao usar ferramentas de pastilha que exigem pressão nas pastilhas para melhor desempenho. Ao seleccionar a opção de fresagem descendente, a deflexão da ferramenta pode ser minimizada ao usinar superfícies complexas.

- I. Na Guia CAM, no painel “3D Milling” clique em “Paralelo”
- II. Configurações
  - **Limite do ponto de contato**

Quando habilitado, especifica que o limite limita onde a ferramenta toca a parte em vez do local do centro da ferramenta. A diferença é ilustrada abaixo em uma trajetória de ferramenta paralela usando um moinho de extremidade de esfera.

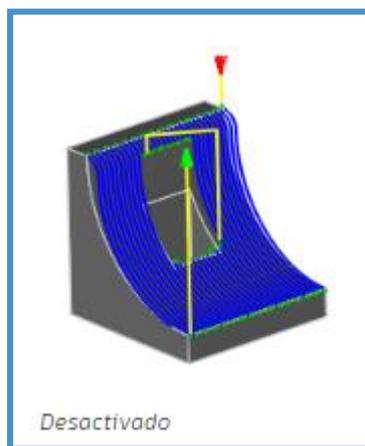


Figura 44 Trajectória com limite de ponto desactivado

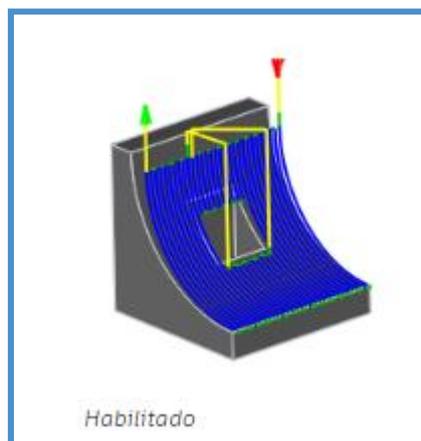
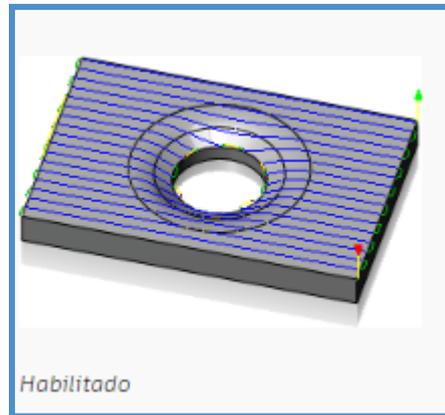


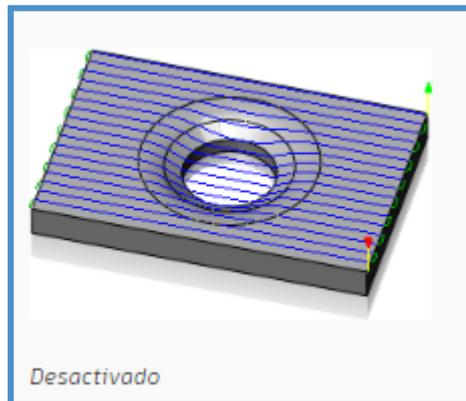
Figura 45 Trajectória com limite de ponto activado

- **Somente contato**

Controla se os caminhos de ferramentas são ou não gerados onde a ferramenta não está em contato com a superfície de usinagem. Quando desativados, as trajetórias de ferramentas são estendidas até os limites do limite de contenção e através de aberturas na peça de trabalho.



*Figura 46 Trajetória não gerada onde a peça não tem contacto com a ferramenta*



*Figura 47 Trajetória gerada onde a peça tem contacto com a ferramenta*

- **Declive**

Quando selecionada, contém trajetórias de ferramentas com base em um intervalo de ângulos especificados.

Somente áreas iguais ou maiores que os valores nos parâmetros do ângulo de inclinação e Ângulo de inclinação são usinadas.

A maioria das estratégias de acabamento 3D suporta o confinamento do ângulo de inclinação. Um uso do confinamento de inclinação é limitar uma estratégia da trajetória da ferramenta selecionada a ângulos onde ela funciona melhor. Por exemplo, o Acabamento Paralelo é mais

adequado para áreas rasas, enquanto o Acabamento de Contorno é mais adequado para áreas íngremes.

d) Acabamento de vieiras

A estratégia Scallop Finishing, às vezes também chamada de '*Constant Stepover Finishing*', cria passes que estão a uma distância constante um do outro, deslocando-os para dentro ao longo da superfície. As passagens seguem superfícies inclinadas e verticais para manter o passo lateral.

Embora o acabamento vieira possa ser usado para o acabamento de uma peça inteira, ele é mais comumente usado para usinar áreas de descanso de uma peça de trabalho; seguindo uma combinação de passes de contorno e paralelos. Tal como acontece com todas as outras estratégias de acabamento, a usinagem pode ser confinada a uma faixa de ângulo de contato.

- I. Na Guia CAM, no painel "3D Milling" clique em "Scallop"

e) Spiral

A estratégia Spiral Finishing cria uma trajetória em espiral que é projetado para baixo em uma superfície. É mais útil em áreas redondas e relativamente planas.

- II. Na Guia CAM, no painel "3D Milling" clique em "Spiral"

f) Morphed Spiral

A estratégia Morphed Spiral é muito semelhante à estratégia Spiral. Entretanto, uma operação Espiral Morfada gera a espiral a partir do limite selecionado, em oposição a uma operação Espiral que aparar os passes gerados até o limite de usinagem. Isto significa que Morphed Spiral pode ser usado para superfícies adicionais para as quais Spiral não é apropriado. A Espiral Morphed pode ser muito útil ao usinar superfícies de forma livre/orgânicas. Embora a estratégia Scallop seja frequentemente utilizada para estes tipos de superfícies, tanto os cantos agudos como as transições de ligação entre as passagens geradas podem resultar em marcas visíveis. A estratégia Morphed Spiral geralmente fornece um percurso de ferramenta muito mais suave, evitando esses problemas.

- I. Na Guia CAM, no painel “3D Milling” clique em “Morphed Spiral”

#### **g) Ramp**

A estratégia de Acabamento em Rampa destina-se a áreas íngremes; semelhante à estratégia Contour. No entanto, a estratégia de Rampa, como o nome indica, desce paredes em rampa em vez de máquinas com Z constante, como é o caso do Contorno. Isso garante que a ferramenta esteja sempre engatada, o que pode ser importante para certos materiais como a cerâmica.

- I. Na Guia CAM, no painel “3D Milling” clique em “Ramp”

#### **h) Projeção**

A projeção é uma estratégia de acabamento que permite usinar ao longo de contornos com o centro da ferramenta. Os contornos fornecidos são sempre projetados na superfície e, portanto, não precisam estar na superfície. A projeção é comumente usada para gravar texto ou símbolos em uma superfície. Por padrão, a ponta da ferramenta segue ao longo da superfície. A ferramenta é movida para a superfície inserindo um deslocamento axial ou um estoque negativo para sair.

- I. Na Guia CAM, no painel “3D Milling” clique em “Ramp”

#### **i) Morph**

A Estratégia Morph usinará uma área entre 2 curvas. O percurso é guiado pela forma básica das curvas. As curvas encadeadas podem ser limites abertos ou fechados. O sistema varia o percurso para corresponder à forma básica das curvas limite.

- I. Na Guia CAM, no painel “3D Milling” clique em “Morph”

#### **j) Adaptive Clearing**

A Limpeza Adaptativa é uma estratégia de desbaste disponível para a limpeza eficaz de grandes quantidades de material. É o único que garante a carga máxima da ferramenta em todas as etapas do ciclo de usinagem e permite cortes profundos e no flanco da ferramenta sem risco de quebra. A estratégia primeiro cria uma série de camadas Z constantes na peça e depois as limpas

em etapas, de baixo para cima. Como pode cortar profundamente, o primeiro passo em cada estágio deve ser o comprimento de corte efetivo da ferramenta. Em seguida, a limpeza das camadas intermediárias prossegue para as camadas mais rasas para maximizar a eficiência do uso da ferramenta. Esta estratégia é extremamente eficaz para a usinagem de machos porque utiliza o formato do material original para obter o máximo efeito ao usinar de fora para dentro em direção ao formato final da peça. O Adaptive Clearing também pode ser usado com grande efeito para usinagem de resto, onde uma ferramenta anterior maior removeu a maior parte do material, mas uma ferramenta menor é necessária para acessar os detalhes mais finos. Quando é selecionado um percurso anterior, esta estratégia leva em conta o estado do material após as usinagens selecionadas e se limita às áreas ainda não usinadas.

- I. Na Guia CAM, no painel “3D Milling” clique em “Morph”

#### 4.5.4. Fresagem Multi-Eixo

##### a) Swarf

Swarf é uma estratégia Multi-Eixo para usinagem com a lateral da ferramenta. Esta estratégia suporta a usinagem somente a partir de contornos e a partir de superfícies. Ao usinar apenas a partir de contornos, é necessário sincronizar manualmente os contornos. Swarf oferece suporte a vários modos diferentes que controlam como usinar as laterais.

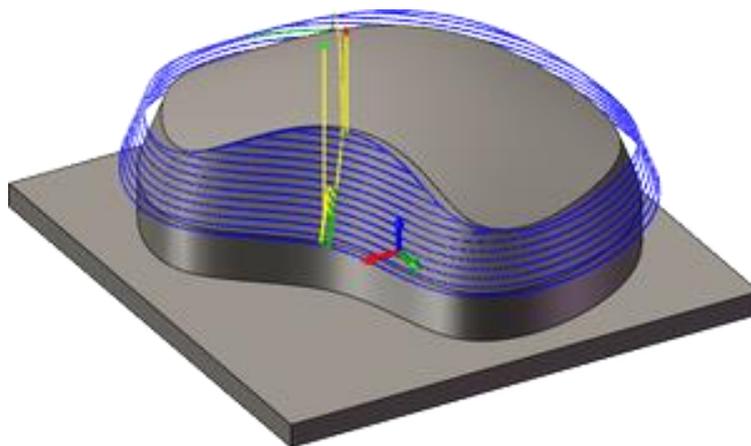


Figura 48 Estratégia swarf para usinagem de superfícies

- I. Na Guia CAM, no painel “Multi-Axis Milling” clique em “Swarf”

b) Multi-Axis Countour

A estratégia de contorno Multi-Eixo para usinagem é feita com a ponta da ferramenta ao longo de uma determinada curva de contato. Por padrão, a ferramenta é normal à superfície, mas avanço/atraso e inclinação lateral podem ser aplicados, quando desejado, para controlar o ponto de contato na ferramenta. A estratégia permite compensação central, esquerda e direita.

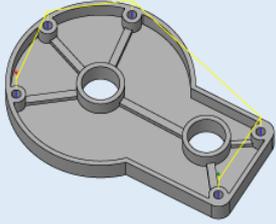
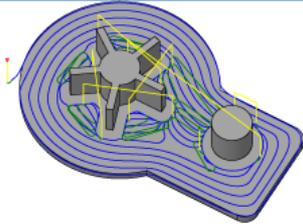
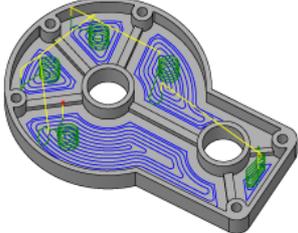
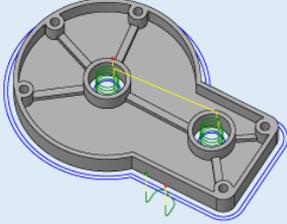
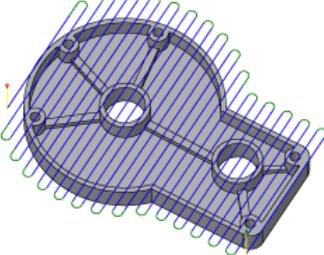
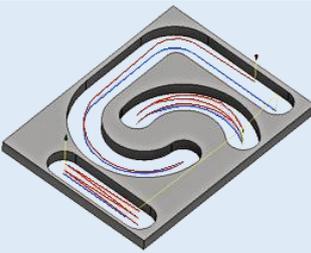
- I. Na Guia CAM, no painel “3D Milling” clique em “Morph”

II. Configurações adicionais

- **Modo de corte** – O modo de corte especifica como usinar ao longo de uma determinada curva de contato.
- **Repita a passagem de acabamento** – Habilita-se a execução do passe de acabamento final duas vezes para remover o excesso de sobra devido à deflexão da ferramenta
- **Deslocamento axial** – Especifica um valor de deslocamento axial para o percurso do contorno escolhido.
- **Distância máxima do ventilador** – Especifica a distância máxima sobre a qual o eixo da ferramenta deve ser ventilado.
- **Inclinação para frente** – Especifica o número de graus em que a ferramenta deve ser inclinada para frente.
- **Inclinação lateral** – Especifica o número de graus em que a ferramenta deve ser inclinada lateralmente.
- **Inclinação mínima** - Especifica a inclinação mínima permitida do eixo da ferramenta de operação selecionado.
- **Inclinação máxima** - Especifica a inclinação máxima permitida do eixo da ferramenta de operação selecionado.
- **Comprimento máximo do segmento** - Especifica o comprimento máximo de um único segmento para o percurso gerado.
- **Varredura máxima do eixo da ferramenta** - Especifica a alteração máxima do ângulo em uma única varredura do eixo da ferramenta para o percurso gerado.

De um modo resumido pode-se escolher o tipo de operação de acordo com seguinte tabela:

Tabela 4 Tabela para escolha da operação de acordo com a superfície a tratar

	<b>Operação</b>	<b>finalidade</b>
 <i>Drill</i>		Abertura de furos cilíndricos, verticais ou angulares
 <i>Adaptive Clearing</i>		Superfícies variadas, removendo grandes volumes de material para criar uma forma bruta
<i>2D Pocket</i>		Cavidades internas e superfícies planas horizontais dentro de uma área delimitada
 <i>2D Contour</i>		Usinagem de perfis Superfícies 2D ou 3D ao longo de um perfil ou contorno
 <i>Face</i>		Superfícies planas horizontais
 <i>Slot</i>		Abertura de ranhuras Superfícies planas internas ao longo de um canal ou sulco



Trace



Thread



Engrave



2D Chamfer



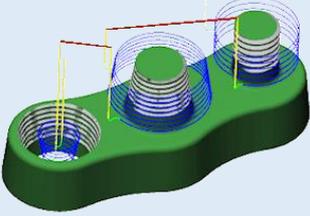
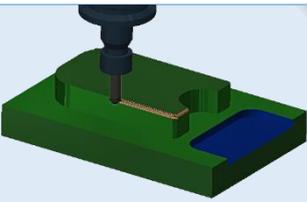
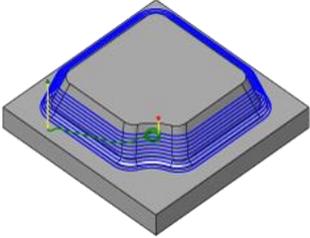
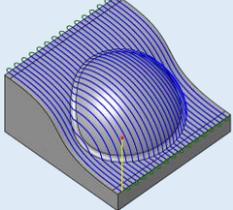
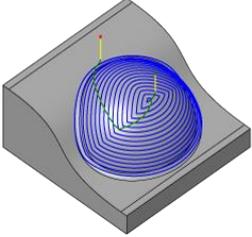
3D Contour



Parallel

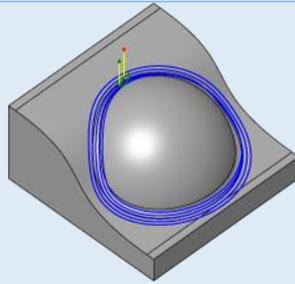


scallscop

	<p>Usinar contornos de bordas</p>
	<p>Superfícies internas ou externas em espiral, criando roscas em furos ou eixos</p>
	<p>Criar bordas afiadas nos cantos da cavidade</p>
	<p>Usinagem de chanfros</p>
	<p>Usinagem de superfícies íngremes</p>
	<p>Usinagem de superfícies complexas</p>
	<p>Usinagem de áreas de descanso da peça</p>



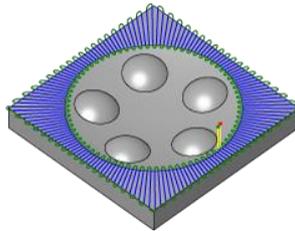
*Pencil*



Usinagem de cantos internos e filetes com raios menores ou iguais



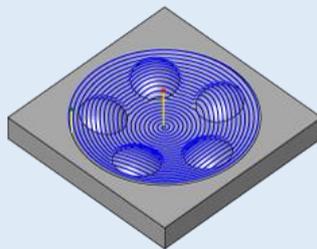
*Radial*



Usinagem de superfícies ao longo dos raios de um arco



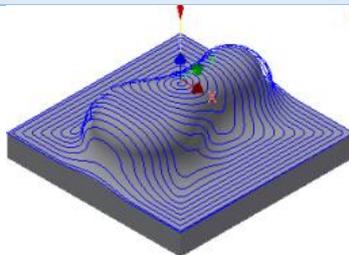
*Spiral*



Usinagem em áreas redondas e relativamente planas.



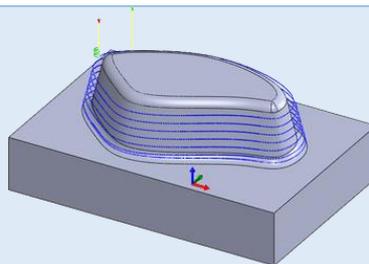
*Morphed Spiral*



Gera a espiral a partir do limite selecionado, em oposição a uma operação Espiral que apara os passes gerados até o limite de usinagem.



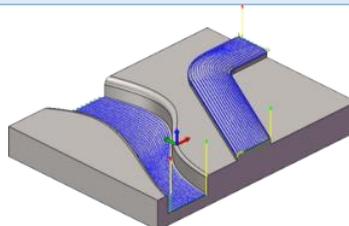
*Ramp*



Usinagem de áreas íngreme de materiais frágeis;



*Morph*



Usinar uma área entre duas curvas.

#### 4.6. Escolha da ferramenta

Antes de se fazer o cálculo das velocidades de corte, precisamos saber exatamente qual ferramenta de corte adequada de usar-se e precisamos saber exatamente qual material, as dimensões e geometria da peça, a tolerância dimensional e acabamento superficial requeridos.

A escolha da ferramenta depende também do regime do corte, mas pode-se fazer uma pré-seleção com os parâmetros, utilizando o software *CoroPlus® Tool Guide*<sup>2</sup> acima mencionados seguindo as seguintes etapas:

- I. Na página Inicial escolhe-se o tipo de operação (Fresagem)

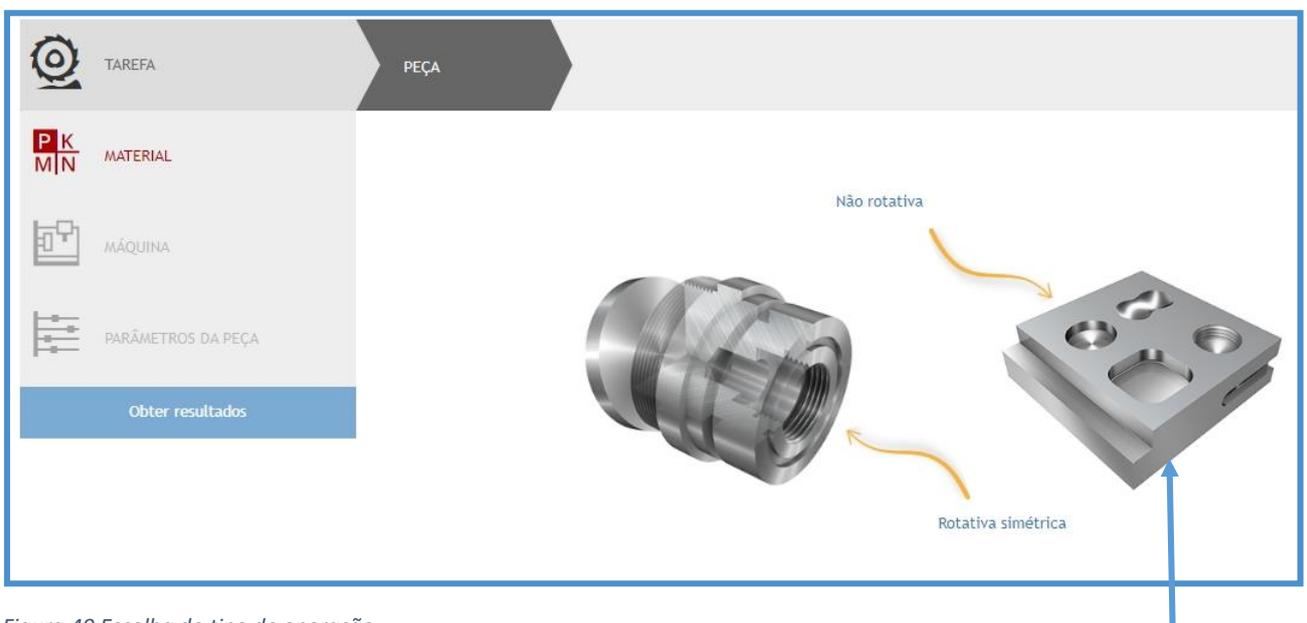


Figura 49 Escolha do tipo de operação

- II. Escolhe-se o tipo de superfície a tratar

<sup>2</sup> Esta ferramenta pode ser acessada através do link:  
<https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/tools/coroplus-toolguide/tool-recommendation>



Figura 50 Escolha do tipo de operação

### III. Faz-se a escolha do material

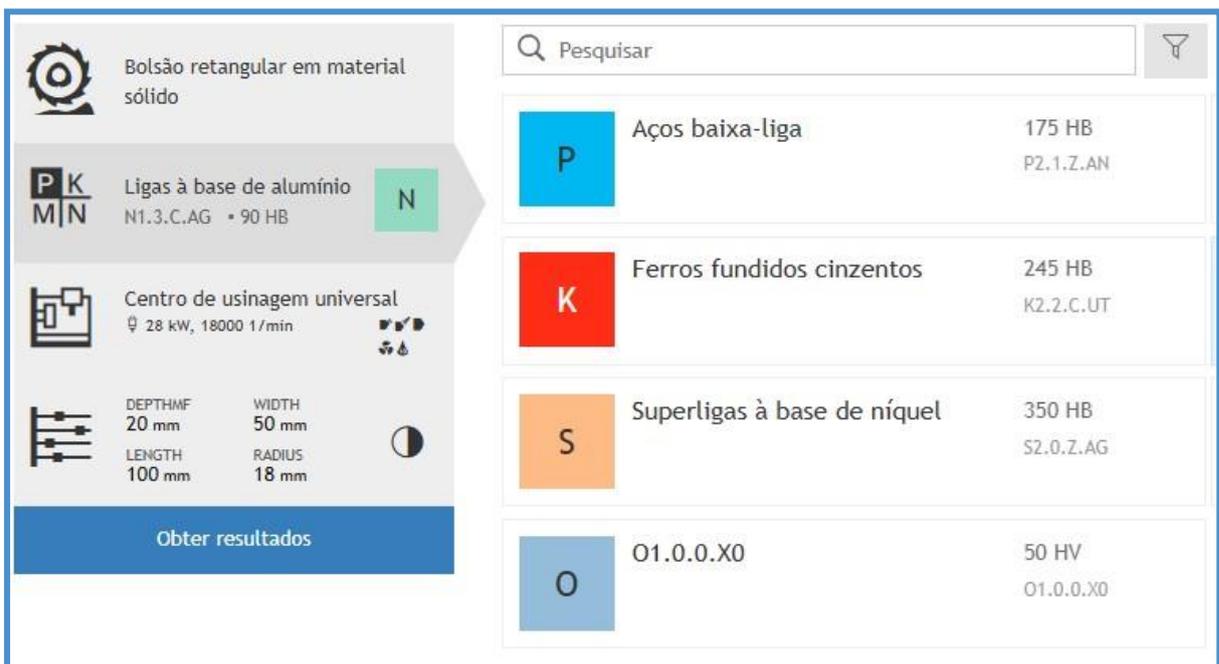


Figura 51 Escolha do material da peça bruta

Por padrão encontra-se o grupo de materiais representadas pelas letras P, M, K, N, S e H, de acordo com a norma internacional ISO 531: 1966.

Tabela 5 Tabela de Materiais

Letra	Grupo de materiais
P	Aços de liga leve
M	Aço inoxidável
K	Ferro fundido cinzento Ferro fundido dúctil Ferro fundido nodular
N	Alumínio Materiais não metálicos
S	Superligas Titânio e suas ligas
H	Ferro fundido duro Aço endurecido

É possível escolher-se o material específico através da opção “filtrar”, onde pode-se filtrar pela classe dos materiais e padrões dos materiais (Exemplo: Norma ISO, AISI/SAE, MAS, GOST, etc.).

#### IV. Faz-se a escolha da máquina

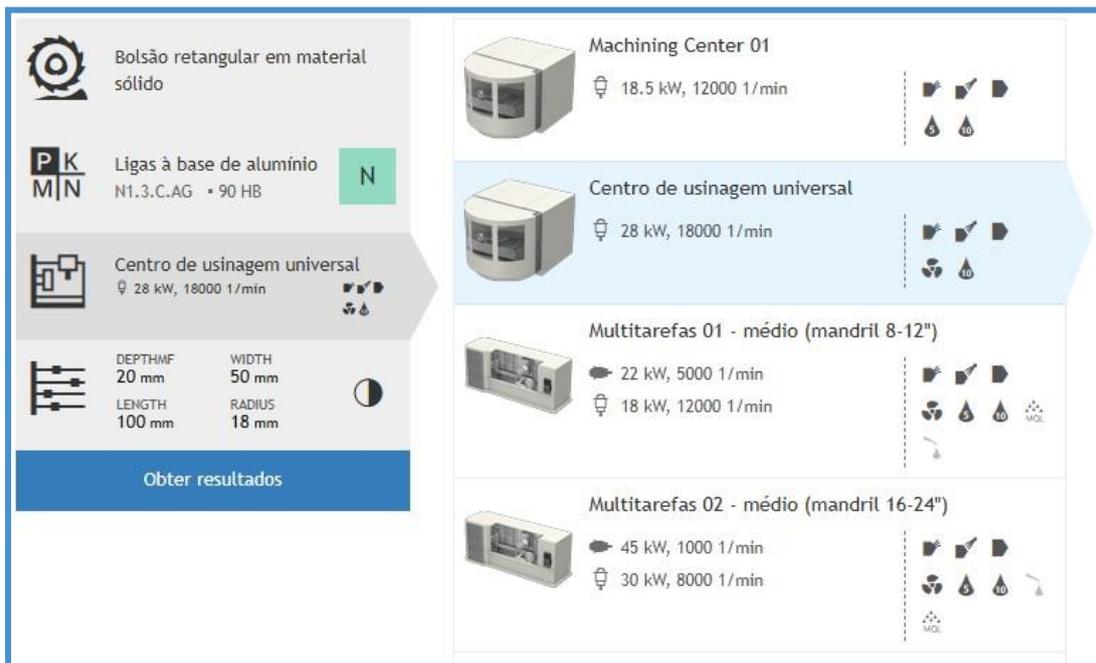


Figura 52 Escolha da máquina

Escolhe-se o modelo da máquina que pode ser usada tendo em conta as dimensões de gabaritos, dimensões das superfícies a serem trabalhadas da peça a ser usinada e da disponibilidade da máquina no software de simulação.

## V. Parâmetros gerais da superfície

Nesta Etapa introduz-se os parâmetros gerais da superfície a usinar, que são:

- Tipo de operação (Desbaste ou acabamento);
- Valores da rugosidade (Ra);
- Profundidade de corte;
- largura de corte;
- Condições da superfície a usinar;
- Estabilidade e fixação da peça.

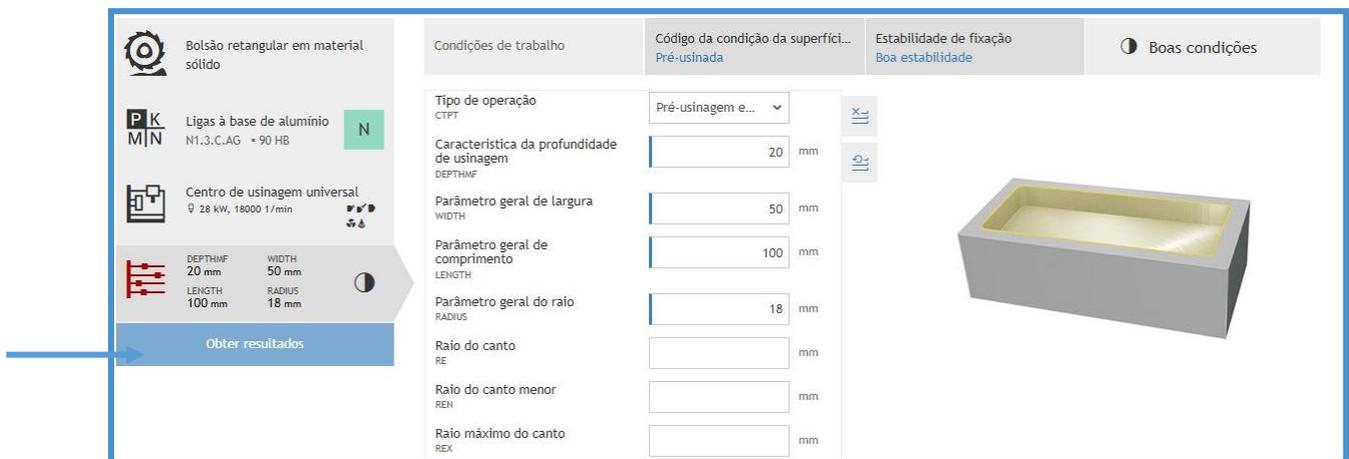


Figura 53 Obtenção dos parâmetros para o regime de corte

VI. Por fim clica-se na opção “Obter resultados” para se poder ter um relatório com os detalhes da ferramenta adequada para a operação que se deseja realizar.



Figura 54 Ferramentas de corte que podem ser usadas para usinagem

#### 4.7. Regime de corte

Os parâmetros do regime de corte são: profundidade de corte, avanço, velocidade de corte, frequência de rotação da árvore principal, tempo de corte. A escolha destes parâmetros tem grande importância para garantir a eficácia de produção e a qualidade pretendida dos produtos. (Kourbatov, 2005).

Para obter estes parâmetros no software *CoroPlus® Tool Guide*, segue-se as mesmas etapas 1,2,3,4, e 4 da escolha da ferramenta, escolhendo-se na última etapa a opção “Mostrar detalhes” ou “Quadro de soluções”. Esses dados também podem ser encontrados no relatório da escolha da ferramenta. Através desta opção podemos ter acesso aos seguintes parâmetros de corte:

- $N$  – Velocidade do eixo da máquina;
- $V_c$  – Velocidade de corte;
- $V_{FM}$  – Velocidade de Avanço;
- NOPAE e NOPAP – Número de passes;
- $F_z$  – Velocidade de avanço por dente;
- $F_N$  – Avanço por rotação;
- $V_F$  – Velocidade de avanço no centro da ferramenta;
- $TCCT$  – Tempo de usinagem;
- $P_{PC}$  – Potência de corte (kW);
- $S_o$  – Distância do escalonado (STEPOVER)

#### 4.8. Simulação da usinagem e análise da trajetória da ferramenta

A Simulação permite verificar se o percurso gerado está conforme o esperado. A operação de simulação é iniciada escolhendo primeiro as operações de interesse no navegador CAM e depois clicando com o botão direito e selecionando Simular no menu de contexto pop-up. Alternativamente, é possível clicar duas vezes em um único item de percurso no Navegador CAM para simular o percurso correspondente. As operações são simuladas na ordem original conforme aparecem no CAM Browser. Uma vez iniciado, a caixa de diálogo da Simulação é

aberta e a janela de visualização do modelo ativo é alterada para uma visualização de simulação dedicada com o "Simulation player".

#### 4.8.1. Reprodutor da simulação

O modo de animação da ferramenta é acessado primeiro clicando no botão Reproduzir no reprodutor de simulação. A animação pode então ser pausada e reproduzida clicando no botão Pausar e Reproduzir, respectivamente. A velocidade da animação pode ser ajustada usando o controlo deslizante de avanço na parte inferior do player. Posicionar o controlo deslizante no meio interrompe a animação. Posicionar o controlo deslizante à esquerda e à direita faz com que a animação seja executada para frente e para trás, respectivamente.

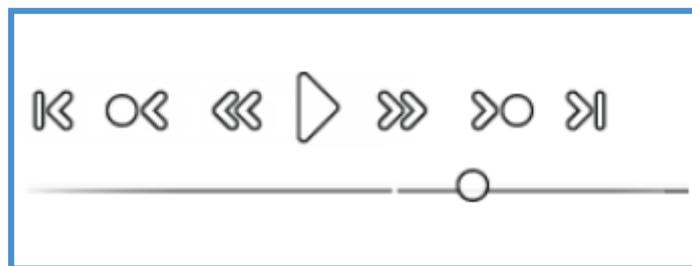


Figura 55 Controles do reprodutor de simulação

#### 4.8.2. A linha do tempo da simulação

Localizada logo abaixo do reprodutor de Simulação, na parte inferior da janela gráfica, está a linha do tempo do reprodutor de Simulação. Este controle fornece uma "linha do tempo", em termos de comprimento do percurso, de toda a simulação.

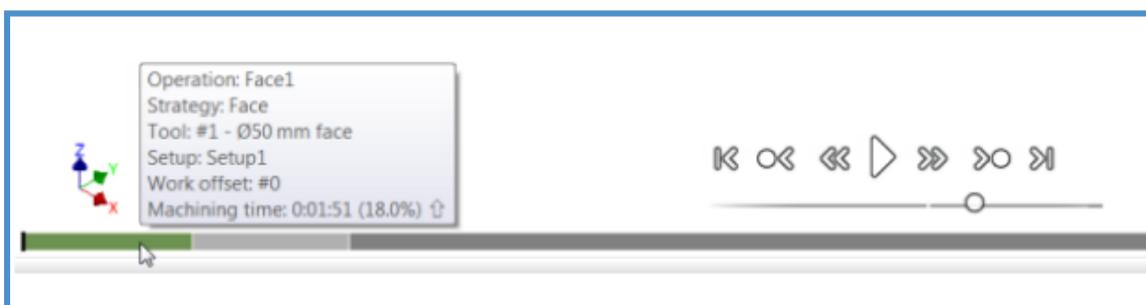


Figura 56 Linha do tempo da simulação

Uma estratégia de facejamento aparece como a primeira operação no controle da linha do tempo da simulação. Cada segmento do controle representa uma operação com o comprimento de cada segmento baseado no comprimento do percurso nessa operação. Isso fornece um

método visual e fácil de localizar um determinado ponto no tempo durante a simulação. Conforme mostrado na imagem acima, ao passar o mouse sobre um segmento de controle exibe-se uma dica de ferramenta listando a estratégia, ferramenta, nome da operação, deslocamento de trabalho e tempo de usinagem para aquela operação.

Caso ocorra uma colisão entre o eixo ou suporte e a peça bruta, um marcador vermelho aparecerá no controle da linha do tempo com uma dica de ferramenta descrevendo a colisão.

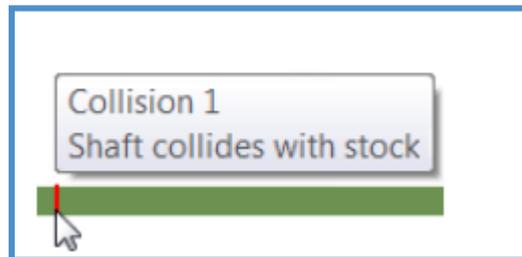


Figura 57 Exemplo de uma colisão na linha do tempo da simulação

A guia exibir oferece inúmeras opções de simulação e contém informações sobre a posição atual da ferramenta.

**O Grupo de Ferramentas** – permite ativar/desativar a visibilidade do eixo da ferramenta e do porta-ferramenta durante a simulação. Pode-se optar por exibi-los de forma transparente, o que permite ver através deles.

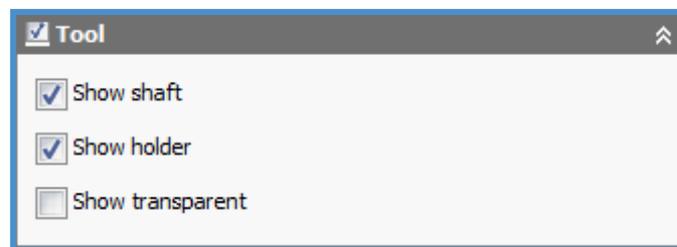


Figura 58 Ferramentas de exibição da simulação - Eixo

**O Grupo de caminho da ferramenta** – Contém diversas opções para controlar a visualização do percurso. As opções disponíveis permitem que todo o percurso, todo o percurso antes ou depois da posição atual da ferramenta, percurso para a operação ou final do percurso até a posição atual da ferramenta seja mostrado durante a animação.



Figura 59 Ferramentas de exibição da simulação - Trajectória da ferramenta

**O grupo da peça bruta** – permite escolher o modo de visualização da peça.

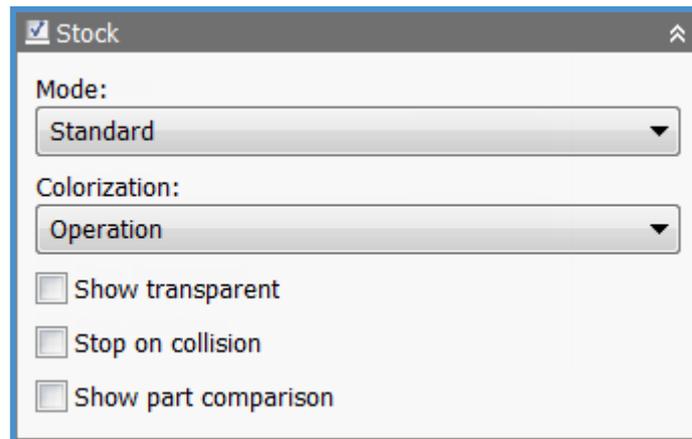


Figura 60 Ferramentas de exibição da simulação - peça bruta

**O grupo da posição da ferramenta** – contém informações sobre a posição atual da ferramenta. As informações incluem a posição atual, velocidade do fuso, avanço e movimento. No modo sem animação, as informações se aplicam à posição atualmente destacada, se estiver ativa, e caso contrário, à posição atual da ferramenta, enquanto no modo de animação, a posição atual da ferramenta é sempre mostrada.

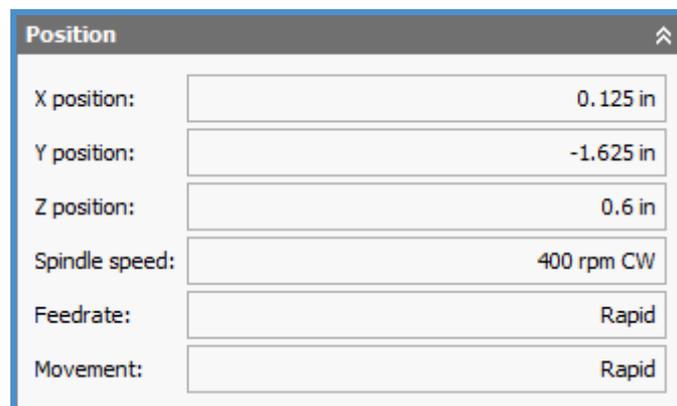


Figura 61 Ferramentas de exibição da simulação - Posição da ferramenta

#### 4.8.3. Visualização de simulação

A orientação do sistema de coordenadas é mostrada no canto inferior esquerdo da vista. Contudo, a orientação da ferramenta da operação ativa também é indicada através de um sistema de coordenadas localizado na origem da orientação da ferramenta.

O mouse permite o controle da visualização da simulação semelhante ao comportamento normal da “viewport” do modelo. Os pontos finais dentro do percurso podem ser destacados movendo o ponteiro do mouse sobre o ponto. A direção do percurso é indicada na posição destacada usando uma seta. Clicar com o botão esquerdo em um ponto final de percurso

destacado torna a posição destacada a posição atual da ferramenta. A rotação em torno do centro do modelo é feita usando o botão do meio do mouse. A rotação em torno de um ponto final do percurso é possível clicando duas vezes lentamente no botão do meio sem mover o mouse e mantendo o botão pressionado no segundo clique. Se o mouse estiver equipado com um botão extra, ele poderá ser usado para ajustar o modelo e o percurso à vista atual.

#### 4.8.4. Visibilidade da Ferramenta, Percurso e Material

Além da simulação normal, você pode ativar a caixa de seleção stock para mostrar a peça bruta dentro da simulação normal. Também é possível mostrar a ferramenta, o percurso e o material individualmente ou em conjunto, ativando ou desativando as respectivas caixas de seleção Ferramenta, Percurso e Material.

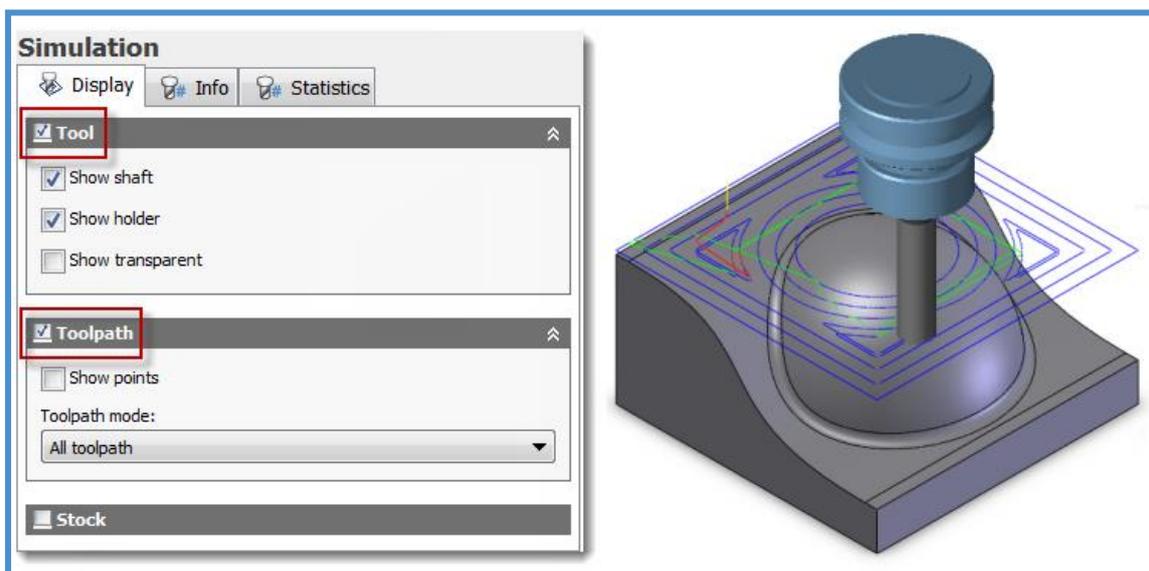


Figura 62 Simulação com ferramenta e material mostrados

#### 4.9. Pós-Processamento

Um pós-processador (também conhecido como "Post") é um tradutor que converte a imagem da trajetória da ferramenta gerado para uma linguagem que uma máquina CNC entenda. Na maioria dos casos, essa linguagem é G-Code. Vamos nos referir a ele como "Code G".

- I. Na Guia CAM, no painel “Trajectória da ferramenta” clique em “Post process”

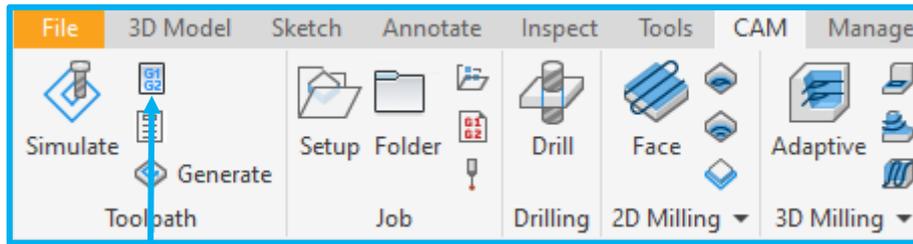


Figura 63 Guia para acesso ao pós processamento no Inventor CAM

Nas configurações do pós-processamento, há várias coisas que você pode-se controlar. A principal coisa que é seleccionar o pós-processor da máquina CNC correta. Acesse a lista na secção Pós-configuração na caixa de diálogo e role até a “Postagem” genérica do Fanuc. O Inventor CAM inclui uma grande seleção de pós-processadores para uma ampla variedade de controles CNC.

Depois de seleccionar o pós-processor, pressione o botão Post na parte inferior da página. Se a opção "Abrir arquivo NC no Editor" estiver marcada, o Editor padrão abrirá e exibirá a saída NC.

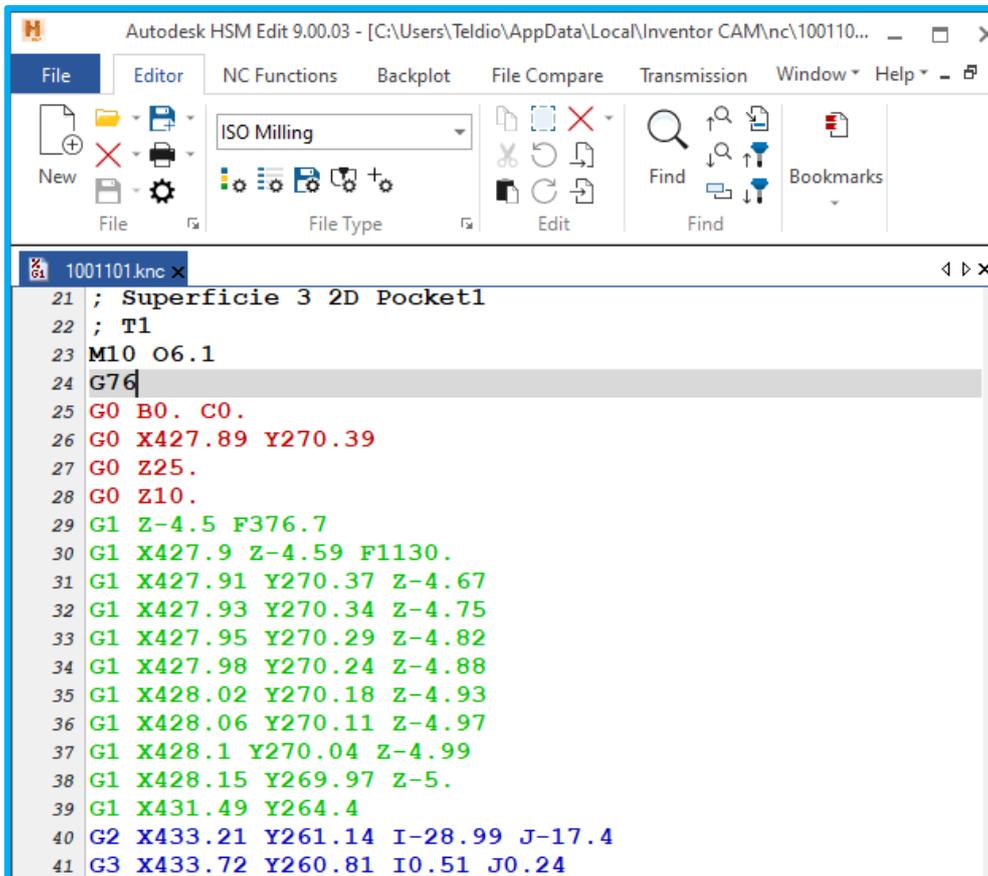


Figura 64 Visualização do código G no editor do Inventor CAM

## Capítulo V

### 5. Aplicação e análise da metodologia

Para analisar a viabilidade da metodologia proposta, apresentar-se-á as etapas desde a configuração dos processos de usinagem de desbaste até simulação da fresagem para o processo de fabricação de um cabeçote do motor que está ilustrado na figura 65.

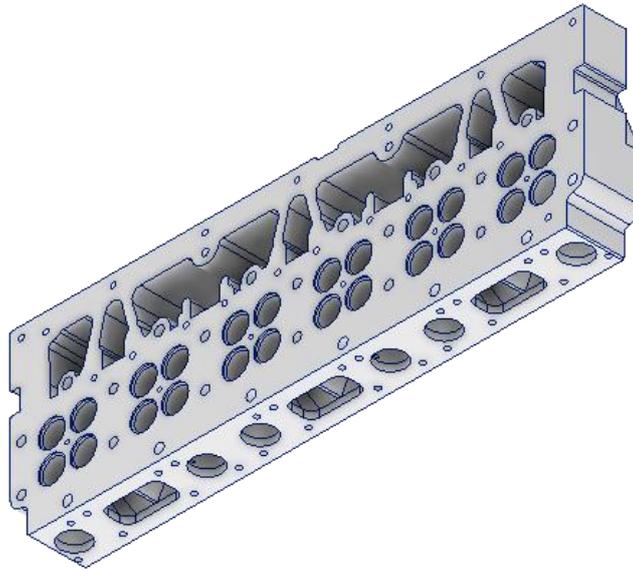


Figura 65 Modelo da peça acabada em CAD

Tabela 6 Características gerais da peça bruta (cabeçote a ser usinado)

Dimensões de gabarito	805x262x80 mm
Material da peça	Liga De Alumínio 356
Método de obtenção	Fundição

No apêndice A podemos encontrar o desenho de fabrico do cabeçote que contém informações essenciais (Cotagem, valores de rugosidade das superfícies, Tolerâncias dimensionais e geométricas,) para a configuração dos processos.

## 5.1. Etapas da aplicação da metodologia

### Etapa 1 – Escolha da máquina, tipo de operação e sistema de coordenadas

A máquina CNC ideal para essa tarefa específica, uma excelente escolha seria o centro de usinagem CNC de 5 eixos Hass GM-2-5AX e as operações são de fresagem, furamento e mandrilamento. Essa máquina oferece várias características que a tornam particularmente adequada para a complexidade e as exigências deste tipo de usinagem tais como:

- Área de trabalho muito grande, mesa giratória integrada, o que permite a usinagem de várias faces do cabeçote em uma única configuração. Isso é fundamental para evitar reposicionamentos frequentes, que podem introduzir erros e reduzir a precisão da peça final;
- Capacidade de usinagem simultânea em 5 eixos, característica é essencial para a fabricação de cabeçotes de motor, que possuem geometrias complexas;
- Está equipada com uma velocidade de 20.000 RPM e com uma potência de 35 kW, capaz de realizar tanto operações de desbaste quanto de acabamento em alumínio.

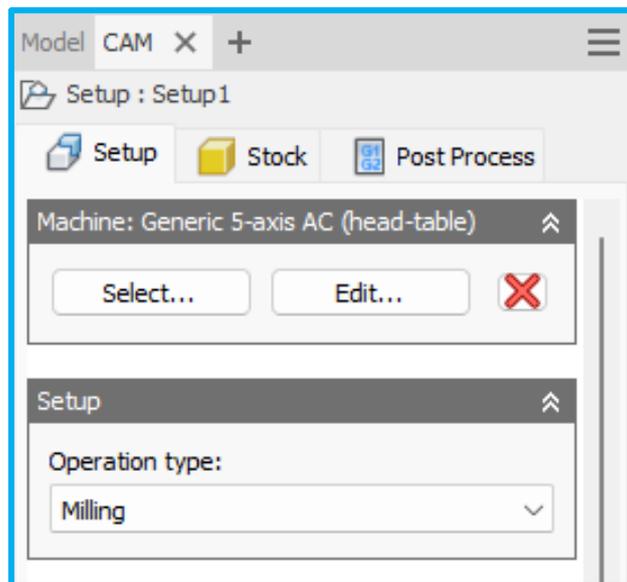


Figura 66 Escolha da máquina e tipo de operação

O sistema de coordenadas foi escolhido seguindo as orientações da figura abaixo.

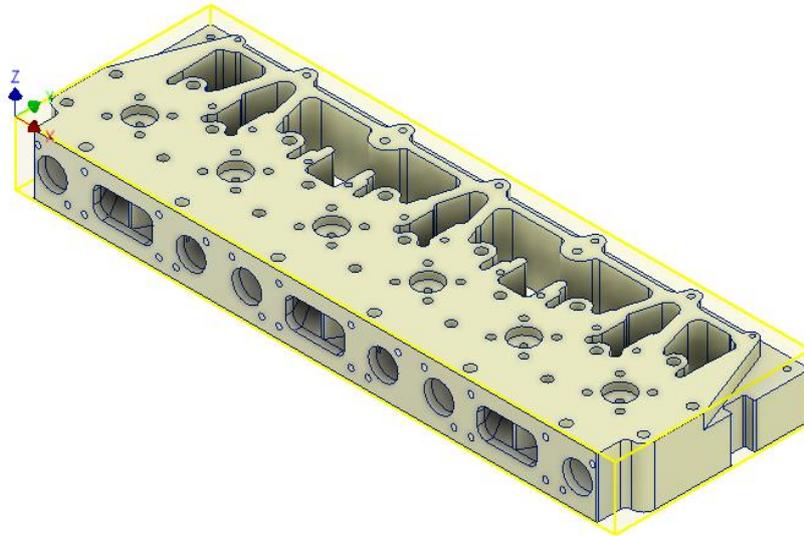


Figura 67 Configuração do Sistema de coordenadas WCS

## Etapa 2 – Configuração das sobressessuras e nome do programa CNC

A peça bruta será um bloco de liga de alumínio que possui sobressessuras que permite que as imperfeições superficiais ou variações dimensionais sejam eliminadas durante a usinagem, estas sobressessuras são apresentadas na tabela abaixo:

Superfície	Valor de sobressessuras (mm)
Superfícies de vedação do cabeçote	2
Superfície paralela aos furos de fixação das velas	3
Superfícies externas (FACES não de vedação)	2

Tabela 7 Valores de sobressessura da peça bruta

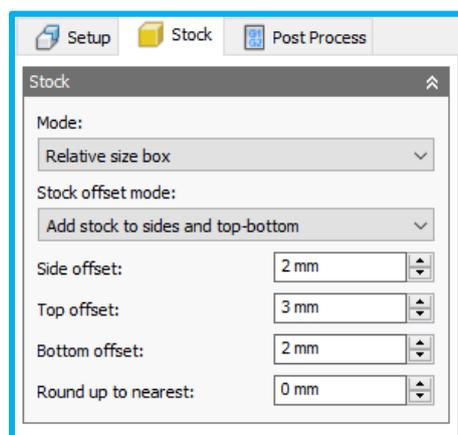


Figura 68 Configuração dos valores de sobressessuras da peça bruta

De seguida faz-se a escolha do nome para o programa CNC.

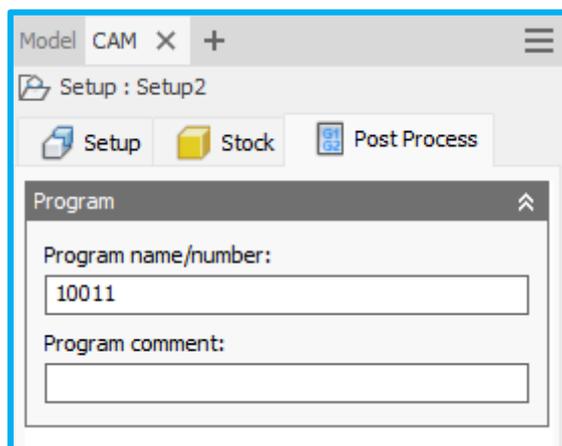


Figura 69 Escolha do nome do programa CNC

### **Etapa 3 – identificação das superfícies e sequência de tratamento**

A sequência recomendada para o tratamento das superfícies do cabeçote de motor durante o processo de usinagem é crucial para garantir a precisão dimensional, a qualidade da superfície, e a sua integridade estrutural. A ordem das operações de usinagem e tratamento é escolhida para minimizar deformações, evitar erros cumulativos e garantir que as áreas críticas estejam dentro das especificações. No apêndice B encontra-se o desenho da peça com todas as superfícies a serem usinadas identificadas e abaixo está a sequência de tratamento recomendada e as razões para essa escolha.

#### **I. Usinagem das superfícies principais (Superfícies 1, 2 e 3)**

Remove-se a maior parte do material excedente para aproximar a peça de sua forma final, enquanto ainda há margem suficiente para usinagem de acabamento posterior. Esse processo cria uma base estável para futuras operações, reduzindo o peso do bloco e facilitando a manipulação.

#### **II. Usinagem das cavidades externas (Superfícies 4, 5 e 6)**

Realiza-se a usinagem das cavidades estruturais do cabeçote. Essa etapa tem como principal objetivo a remoção de material para alívio de massa e a criação de espaços destinados ao alojamento de componentes externos, como coletores, suportes e sensores. O processo envolve a conformação de canaletas, cavidades e rebaxos, utilizando fresas de topo e ferramentas de forma específicas para cada geometria. Durante essa operação, é essencial manter um rigoroso controle sobre a vibração e possíveis deformações da peça, garantindo a estabilidade dimensional e a integridade das áreas usinadas para as etapas subsequentes de fabricação.

### **III. Furação e usinagem dos furos de fixação (Superfícies de 7 a 16)**

Estes furos são feitos após a usinagem de superfícies críticas para garantir que qualquer movimento ou deformação que ocorra durante essas operações não afete o posicionamento dos furos.

### **IV. Furação e usinagem de passagem de óleo e líquido de arrefecimento (Superfícies 17 a 24)**

São realizados os furos e canais destinados à circulação de óleo lubrificante e do líquido de arrefecimento. O objetivo é garantir uma lubrificação eficaz dos componentes móveis e uma refrigeração eficiente das áreas sujeitas a altas temperaturas, assegurando o bom funcionamento e a durabilidade do motor. É fundamental manter um controle rigoroso da posição dos furos e da qualidade das superfícies internas, a fim de evitar vazamentos.

### **V. Usinagem final dos furos e cavidade externas (Superfície 25)**

São realizados os furos e a usinagem de cavidades externas do cabeçote. É fundamental manter um controle rigoroso da posição dos furos e da qualidade das superfícies externas, a fim de evitar vazamentos.

#### Etapa 4 – Escolha da ferramenta e valores do regime do corte

Nesta etapa faz-se a escolha da ferramenta de corte com ajuda do software CoroPlus® Tool Guide seguindo as etapas recomendadas do capítulo IV. No Anexo I, são apresentados os catálogos gerados com a ferramenta recomendada, contendo os parâmetros de corte definidos para as duas primeiras operações, com o objetivo de manter a compressão e legibilidade do documento. Os catálogos completos, com as demais operações e informações adicionais, encontram-se disponíveis no Anexo Complementar Digital, acessível através da hiperligação e QR Code fornecidos no Anexo II deste trabalho.

Tabela 8 Valores de regime de corte – pré usinagem

Regime de corte – Pre usinagem										
Superfícies	Ferramenta	$N$	$V_C$	$V_{FM}$	$A_P$	$NO_{PAE}$	$F_Z$	$F_N$	$V_F$	$P_{PC}$
		(RPM)	m/min	mm/m	mm		mm	mm	mm/min	KW
1	1K233-2500-300-NB H10F	18000	1410	16400	2.5	15	0.304	-	-	5.15
2										
3	R390-050Q22-11H	6300	990	6620	1.5	2	0.15	-	-	5.91
4	R331.35C-051M25EMA08	7000	1120	2350	12.7	1	0.11	-	-	
5	1K223-1600-NB H10F	18000	905	11100	10	1	0.42			
6										
7	860.1-1400-112A1-NM H10F	6650	293					0.7	4660	8.75
8	860.1-1200-096A1-NM H10F	7760	293					0.7	5430	7.34
9	860.1-1000-030A1-NM H10F	9450	297					1	9450	8.11
10	1K223-2000-NB H10F	18000	1130	17400	9.6	1	0.32	-	-	21.4
11										
12	861.1-0600-090A1-GM GC34	11600	218					0.2	2310	0.94
13	861.1-0800-120A1-GM GC34	8680	218					0.26	2260	1.45
14	861.1-1000-120A1-GM GC34	4790	150					0.33	1580	1.51
15	860.1-0600-048A1-NM H10F	16100	303					0.32	5100	2.1
16	860.1-0800-064A1-NM H10F	12100	303					0.43	5180	3.52
17	2P090-1000-PB	1800	565	1270	60/20*	247	0.01			0.92

18	2P090-1200-PB	18000	679	1270	60 20*	184	0.01			1.33
19	2P090-1000-PB	18000	565	1270	60 20*	60	0.02			0.92
20	1K223-1600-NB H10F	18000	905	11100	9	1	0.18			2.11
21	RA390-019EH20-11M	16700	1000	9030	4	1	0.18			9.39
22	1K233-2500-300-NB H10F	18000	1410	9200	34.5	1	0.54			11.8
23										
24	1K223-2000-NB H10F	17500	1100	19200	10	1	0.36			27.2
25	860.1-0400-012A1- NM H10F	24500	308					0.32	7950	1.45

Tabela 9 Valores de regime de corte – acabamentoo

Regime de corte – Acabamento										
Superfícies	Ferramenta	$N$ (RPM)	$V_C$ m /min	$V_{FM}$ mm /m	$A_P$ mm	$NO_{PAE}$	$F_Z$ mm	$F_N$ mm	$V_F$ mm /min	$P_{PC}$ KW
1	1K233-2500-300- NB H10F	18000	1260		0.5	14	0.12	-	-	0.52
2					0.5					
3	R390-050Q22- 11H	6500	1020	5890	0.5	2	0.12	-	-	2
4	R331.35C- 051M25EMA08	7000	1120	2950	0.7	2	0.14	-	-	
5	1K223-1600-NB H10F	18000	905	1030	20	1	0.19			
6										
10	1K223-2000-NB H10F	18000	1130	13500	0.4	1	0.25			0.72
11	326R06- B15050VM-TH 1025	9700	1450	34900	1.25	1	0.15			0.27
20	1K223-1600-NB H10F	18000	905	23000	1	1	0.42			2.11
21	1K223-1200-200- NH H10F	18000	633	3840	8	1	0.27			0.05
22	1K233-2500-300- NB H10F	18000	1410	8700	0.5	1	0.53			11.3
23										
24	1K223-2000-NB H10F	18000	1130	26300	10	1	0.48			9.35

## Etapa 5 – Configuração das operações para cada superfície

Nesta etapa escolhe-se o tipo de operação para as superfícies a serem usinadas indicadas no apêndice B. Faz-se também a escolha das configurações recomendadas no capítulo IV.

Tabela 10 Alturas recomendadas para usinagem CNC de cabeçote

Parâmetro	Altura Recomendada (mm)	Função / Observação
<b>Clearance Height</b>	50 a 100 mm	Altura segura livre de qualquer geometria — usada para movimentação rápida entre operações
<b>Retract Height</b>	5 a 20 mm acima da peça	Altura para retração rápida da ferramenta, antes de se mover na horizontal
<b>Feed Height</b>	1 a 2 mm acima do topo da peça	Ponto onde a ferramenta começa a descer em feed rate controlado
<b>Top Height</b>	0 mm (referente à face superior da peça)	Superfície de entrada da ferramenta — normalmente a referência Z0
<b>Bottom Height</b>	Profundidade da operação (ex: -5 mm, -20 mm etc.)	Altura final da usinagem, depende da profundidade da cavidade ou furo

Tabela 11 Leads & Transitions (Entradas/Saídas da Ferramenta) recomendadas para as operações

Parâmetro	Valor Típico	Observações
<b>Lead-In (Entrada)</b>	1 – 2 mm, em arco de 90°	Suaviza a entrada, evitando impacto direto.
<b>Lead-Out (Saída)</b>	1– 2 mm, em arco ou tangente	Ajuda a evitar marcas de saída.
<b>Ramp Angle (Entrada em rampa)</b>	2° – 5°	Útil para entrar em cavidades rasas, reduz o choque na ferramenta.
<b>Helix Entry (Entrada helicoidal)</b>	$\emptyset$ cavidade / 2, rampa de 2° – 3°	Ideal para furos e cavidades.
<b>Overlap (Transições de passe)</b>	10 – 30 % do diâmetro da ferramenta	Suaviza transições e melhora acabamento superficial.

Tabela 12 Tipo de operação por superfície

Superfícies	Tipo de operação
1	Face
2	
3	
4	2D Pocket
5	
6	
7	Drill
8	
9	
10	2D Pocket
11	Drill
12	
13	
14	
15	
16	2D Pocket
17	
18	
19	
20	Parallel
21	
22	
23	2D Pocket
24	
25	Drill

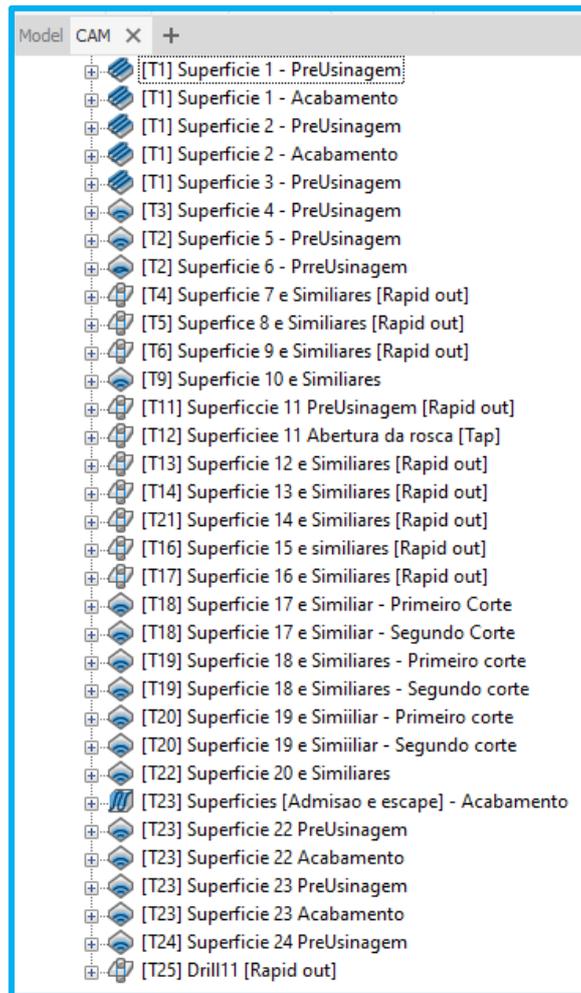


Figura 70 Operações de usinagem configuradas no ambiente CAM

### **Etapa 6 – Gerar a trajectória da ferramenta**

Depois de fazer-se as configurações de todas as superfícies a serem usinadas gera-se a trajectória da ferramenta para todas as superfícies seguindo as etapas do capítulo IV, ponto 4.8. No apêndice C Podemos encontrar as imagens ilustrando a trajectória da ferramenta da cada superfície.

### **Etapa 7 – Simular o caminho da ferramenta**

Nesta etapa utiliza-se o reprodutor de simulação para fazer verificar a trajectória da ferramenta com o objectivo de verificar possíveis erros durante a usinagem. Os principais erros mais comuns e que devem ser notados são:

- **Colisões entre ferramenta e peça ou fixações** – Ocorre quando a ferramenta entra em contato com a peça de maneira indesejada ou colide com as fixações. Verificou-se a trajetória da ferramenta e ajuste a altura de segurança (clearance height) e as passagens (passes) para evitar colisões.
- **Excesso ou falta de material** – ocorre quando durante a simulação mostra que há excesso de material após a usinagem (under-machined) ou a remoção de material é excessiva (over-machined), o que pode comprometer a integridade da peça. Ajusta-se as compensações de ferramenta (tool offsets) e faz-se a revisão dos parâmetros de corte, como a profundidade de corte e a largura de corte ou reavalie a estratégia de usinagem (tipo de operação) escolhida.
- **Vibrações ou trepidações da ferramenta (chatter)** – ocorre quando a simulação indica que a ferramenta pode estar sujeita a vibrações, o que pode causar marcas indesejadas na peça ou desgaste prematuro da ferramenta. Reduz-se a velocidade de corte (cutting speed) e aumenta-se a taxa de avanço (feed rate). Verifica-se também se a ferramenta e a peça estão firmemente fixadas.
- **Erros de corte devido à compensação incorreta de ferramenta** – ocorre quando a ferramenta corta em locais não desejados ou deixa de cortar onde deveria devido a erros de compensação de raio da ferramenta (tool radius compensation).
- **Tempo de usinagem excessivo** – quando a simulação mostra que o tempo de usinagem é muito longo, o que pode ser ineficiente em termos de produção. Deve-se otimizar os parâmetros de usinagem, como a profundidade de corte, largura de corte, e taxa de avanço, para reduzir o tempo de usinagem.
- **Interferência de múltiplas operações** – ocorre quando as operações de usinagem programadas interferem umas com as outras, resultando em áreas não usinadas ou com usinagem duplicada. Reorganiza-se a sequência das operações para garantir que cada uma complemente a anterior sem sobreposição desnecessária.

No apêndice D Encontram-se as figuras ilustradas das etapas da simulação. Ao fazer-se a simulação da trajetória da ferramenta pode-se notar que não se encontra nenhum erro acima mencionado o que significa que todos os parâmetros estão configurados de forma correta e que pode se passar para a próxima etapa.

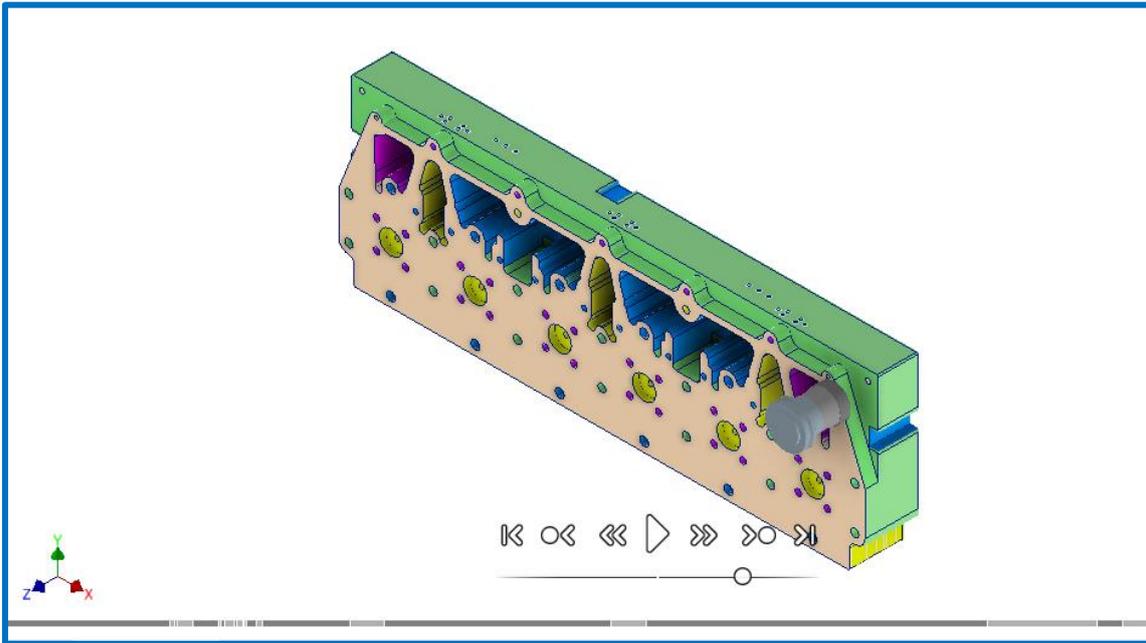


Figura 71 Simulação completa sem nenhum erro na linha do tempo

### Etapa 8 – Pós Processamento do código G

Esta etapa de pós-processamento é crucial após a simulação de usinagem de uma peça, pois converte a trajetória da ferramenta em código NC (código G) que será lido pela máquina CNC. Para a nossa máquina escolhemos o pós-processador **Haas (Pre-NGC) /haas**. Define-se o nome do arquivo que será gerado, geralmente com uma extensão como “.nc”, escolhe-se o local onde o arquivo de código NC será salvo, podendo ser diretamente na máquina via rede, ou em uma unidade USB para ser transportado até a máquina CNC.

No apêndice E, pode-se encontrar o código G gerado, que deve ser revisado para verificar se tudo está conforme esperado, como verificar os comandos de movimentação, velocidades, e trocas de ferramentas. Devido à extensão do código completo, apenas um trecho representativo

foi incluído neste apêndice. A versão completa encontra-se disponível no **Anexo Complementar Digital**, acessível por hiperligação e QR Code no **Anexo II** deste trabalho.

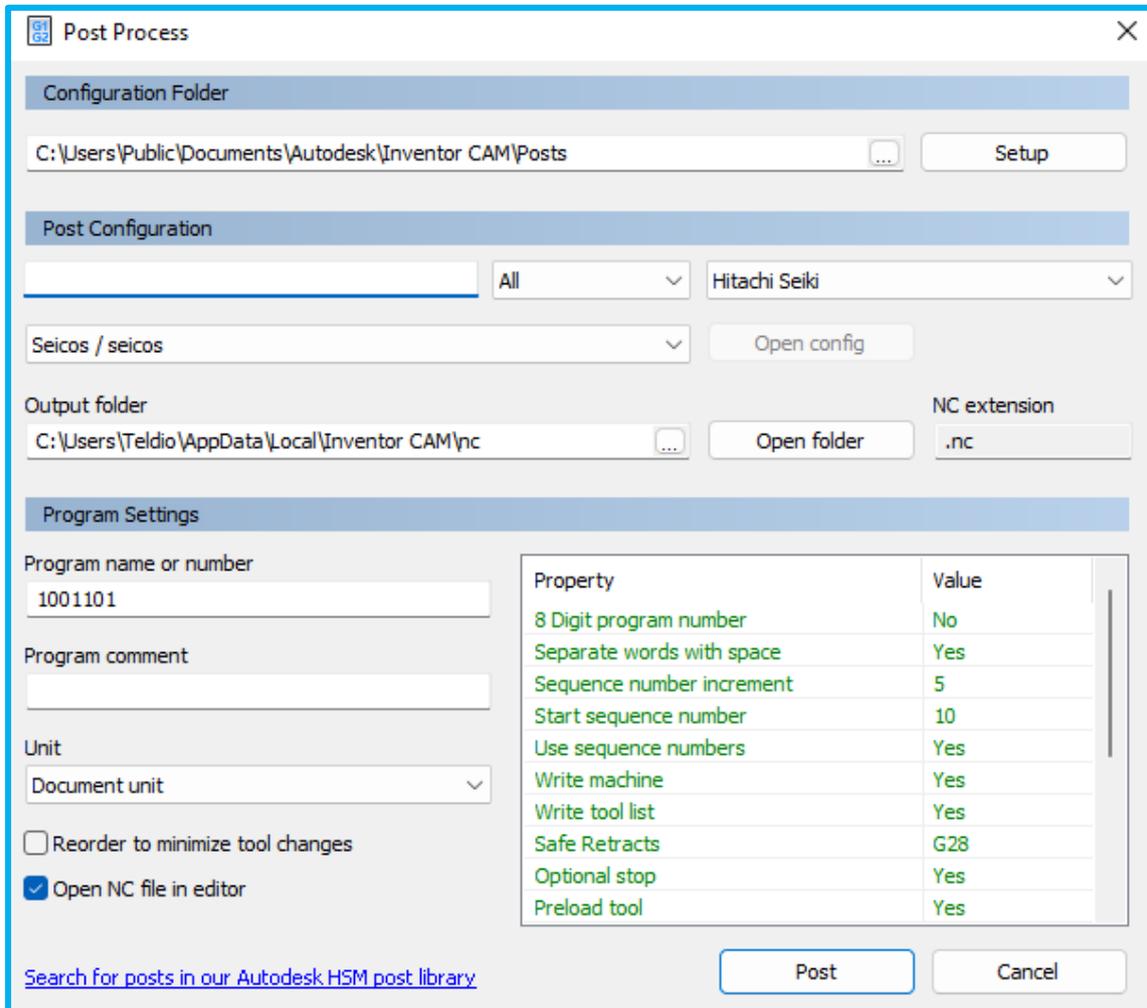


Figura 72 Configuração do pós-processamento

## Capítulo VI

### 6. Análise da metodologia aplicada

A avaliação do resultado obtido no estudo do caso permitiu analisar a eficácia da metodologia de simulação desenvolvida. A primeira etapa da metodologia, a importação do modelo CAD, foi bem-sucedida, demonstrando a interoperabilidade entre o software CAD/CAM utilizado. A segunda etapa, a definição e a configuração da máquina, permitiu especificar os parâmetros essenciais da simulação, como a geometria da peça bruta e as propriedades do material da peça. A capacidade de selecionar ferramentas de corte correspondentes às ferramentas reais é um ponto forte da metodologia, pois aumenta a fidelidade da simulação.

A terceira etapa, a criação das trajetórias das ferramentas, envolveu a definição das operações, bem como a especificação dos parâmetros de corte. A metodologia permitiu definir esses parâmetros de forma clara e organizada, conforme apresentado na tabela 4. No entanto, a metodologia poderia ser aprimorada com diretrizes mais detalhadas sobre como selecionar os parâmetros de corte ideais para diferentes materiais e ferramentas. A quarta etapa, a execução da simulação, ocorreu sem problemas, e o software CAD/CAM forneceu uma visualização clara do processo de remoção de material e a capacidade de detectar colisões. A ausência de colisões detectadas na simulação indica que a metodologia inclui a verificação de segurança como um componente essencial. No entanto, a metodologia poderia ser mais robusta se incluísse uma análise comparativa dos resultados da simulação com dados teóricos ou experimentais, conforme sugerido em. Isso permitiria validar a precisão da simulação e identificar possíveis desvios. Além disso, a metodologia poderia se beneficiar da incorporação de uma análise de sensibilidade para avaliar como as variações nos parâmetros de entrada afetam os resultados da simulação.

Em termos gerais, a metodologia de simulação passo a passo desenvolvida forneceu uma estrutura lógica para simular as operações de usinagem CNC. A aplicação da metodologia no estudo de caso demonstrou sua viabilidade. No entanto, melhorias poderiam ser feitas na etapa de seleção de parâmetros de corte e na análise dos resultados, incluindo a validação com dados externos e a análise de sensibilidade. A documentação detalhada das etapas da simulação, conforme exigido pela metodologia, facilitou a análise e a identificação de áreas para melhoria.

A aplicação prática da metodologia proposta permitiu avaliar a eficiência e a viabilidade do seu uso no ambiente de trabalho em CAD/CAM. O resultado mostrou-se satisfatório, atendendo ao objetivo esperado. Os benefícios constatados com a aplicação desta metodologia são:

- Possibilidade de gerar programa CNC de forma rápida;
- Visualização gráfica de como ficará a peça após sua usinagem;
- Verificação dos movimentos da máquina e detenção de possíveis colisões;
- O fato de que o programa CN, após ser carregado no comando da máquina, não precisa ser simulado;
- Facilidade de utilização, possibilitando o rápido aprendizado por parte do programador;
- Por analogia a metodologia pode ser aplicada para o torneamento, bastando ajustar as configurações do tipo de operação.

## Capítulo VII

### 7. Conclusões e recomendações

#### 7.1. Conclusões

Foi apresentada uma metodologia abrangente para a simulação de processos de fresagem CNC, utilizando softwares CAD/CAM. A metodologia proposta nesse trabalho foi analisada através da simulação de usinagem de um cabeçote de motor onde foi possível realizar uma análise detalhada dos princípios fundamentais da usinagem CNC, explorando a importância da simulação como uma ferramenta essencial para a otimização dos processos industriais.

O primeiro objectivo foi atingido porque a aplicação da metodologia de simulação permitiu uma análise prática dos princípios fundamentais da usinagem CNC. Através da visualização do processo de remoção de material e da consideração dos parâmetros de corte, tornou-se evidente a interdependência entre a velocidade de corte, a taxa de avanço e a profundidade de corte no tempo de ciclo e nas forças envolvidas. A simulação forneceu uma representação tangível de conceitos teóricos, como o impacto da taxa de avanço no tempo necessário para completar uma operação.

O segundo objectivo foi atingido porque demonstrou-se a relevância da simulação como uma ferramenta essencial para a otimização e validação de processos de usinagem. A capacidade de simular as operações de facejamento e furação permitiu verificar a segurança do programa CNC (ausência de colisões) e estimar o tempo de ciclo antes da execução em uma máquina real. Este processo destaca a importância da simulação na prevenção de erros dispendiosos e na identificação de oportunidades para melhorar a eficiência.

O terceiro objectivo foi atingido porque através das funcionalidades do software CAD/CAM utilizado no estudo de caso, mostraram-se adequadas e eficazes para a simulação das operações de facejamento e furação. As ferramentas de modelagem CAD permitiram a criação precisa da geometria da peça e da fixação. O módulo CAM ofereceu as funcionalidades necessárias para definir as estratégias de usinagem, gerar as trajetórias das ferramentas e executar a simulação, incluindo a visualização da remoção de material e a detecção de colisões.

O quarto objectivo foi atingido porque a metodologia de simulação passo a passo desenvolvida forneceu um guia estruturado para a realização da simulação das operações de fresagem CNC. Cada etapa da metodologia, desde a importação do modelo CAD até a análise dos resultados, pôde ser implementada de forma clara e prática no estudo de caso. No entanto, a precisão dos

resultados obtidos depende criticamente da correta definição dos parâmetros de corte e da seleção das ferramentas virtuais apropriadas.

O quinto objectivo foi atingido porque a aplicação da metodologia no estudo de caso envolvendo a usinagem de um cabeçote de motor demonstrou sua viabilidade para este tipo de operações. A metodologia mostrou-se flexível o suficiente para lidar com as diferentes etapas necessárias para simular cada operação. Um desafio potencial encontrado durante a aplicação foi a necessidade de seleccionar parâmetros de corte adequados para o material e as ferramentas virtuais utilizadas.

O sexto objectivo foi atingido porque a avaliação dos resultados da simulação indicou que a metodologia aplicada tem o potencial de aprimorar a eficiência, a precisão e a segurança das operações de usinagem de superfícies planas e furos. O tempo de ciclo simulado forneceu uma estimativa da eficiência do processo, enquanto a ausência de colisões detectadas durante a simulação validou a segurança do programa CNC. A precisão da remoção de material simulada sugere que a metodologia pode contribuir para alcançar as dimensões desejadas na peça final.

## **7.2. Recomendações**

Para futuras aplicações desta metodologia fazem-se as seguintes acções:

- O computador a ser utilizado deve ter no mínimo um processador (CPU) com 3.0 GHz ou mais, 34 GB RAM, 40 GB De Armazenamento livre e uma placa gráfica dedicada com 4 GB de memória;
- Utilizar as versões dos softwares mais actualizadas, pois estas trazem melhorias de desempenho, permitindo que estes operem de forma mais rápida e eficiente em processos complexos, além de trazer novas funcionalidades que facilitam a programação CNC e simulação de processos;
- Garantir que a máquina escolhida tenha um pos processador compatível com o Autodesk Inventor CAM;
- Para a implementação da metodologia em ambientes industriais, é fundamental investir em treinamento adequado para os operadores e engenheiros de produção, garantindo que eles possuam as habilidades necessárias para utilizar efetivamente o software CAD/CAM e a metodologia de simulação;
- A integração da metodologia de simulação com os sistemas de planejamento e controle da produção existentes pode otimizar o fluxo de trabalho e garantir que a simulação

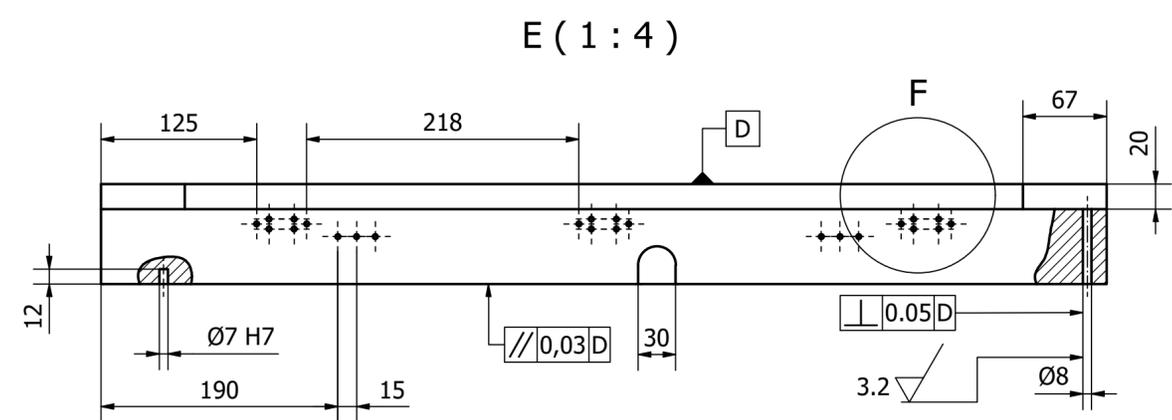
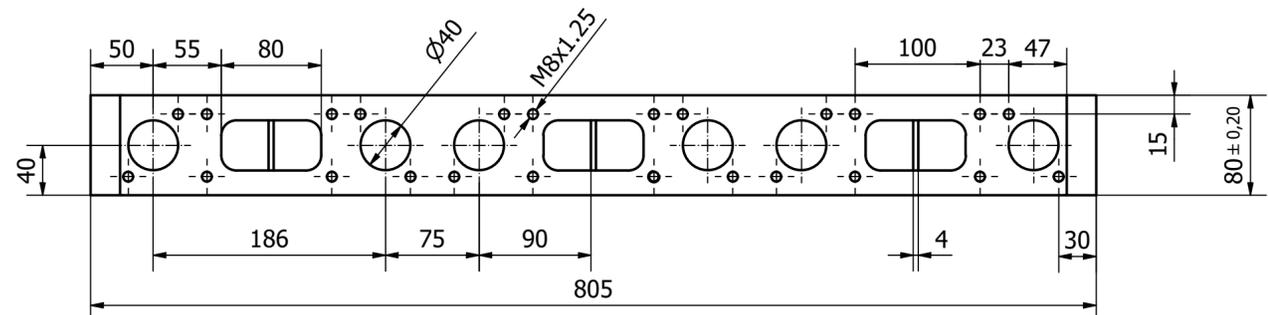
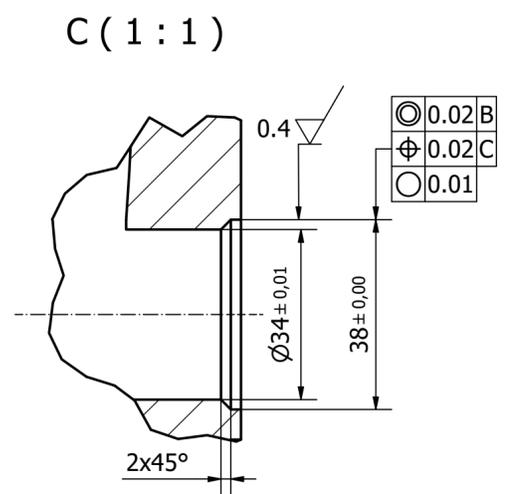
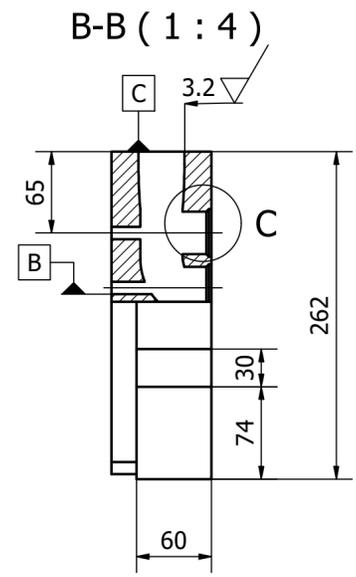
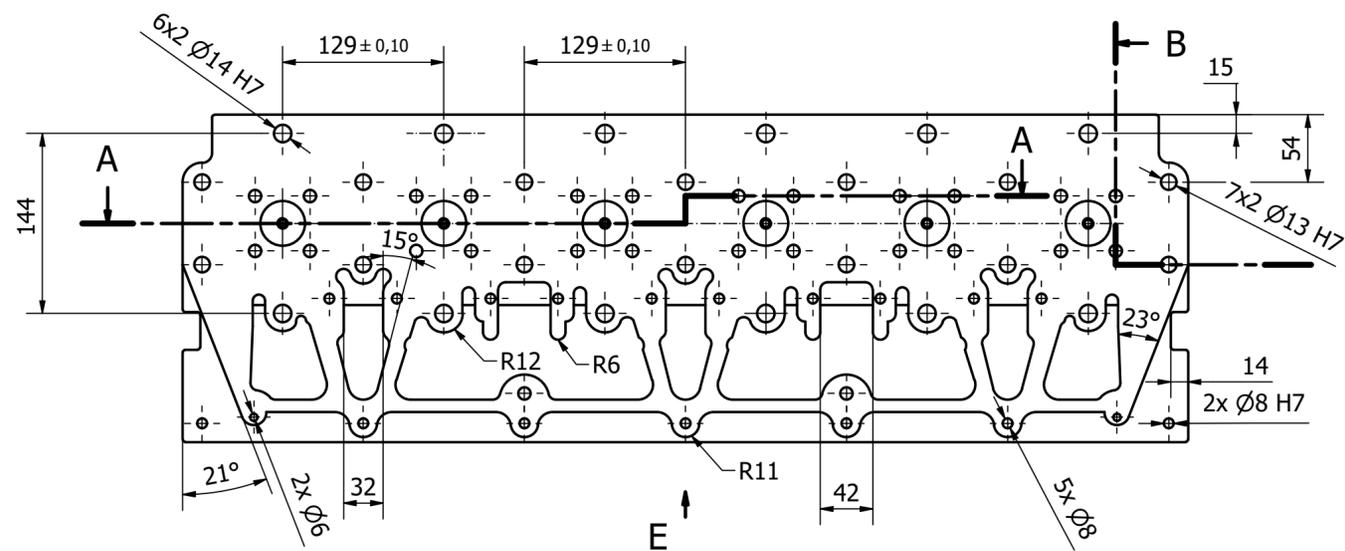
seja utilizada como uma ferramenta padrão para validar e otimizar os processos de usinagem;

- A implementação de um ciclo de feedback contínuo, comparando os resultados da simulação com os dados da produção real, permitirá refinar continuamente a metodologia e garantir sua eficácia ao longo do tempo.

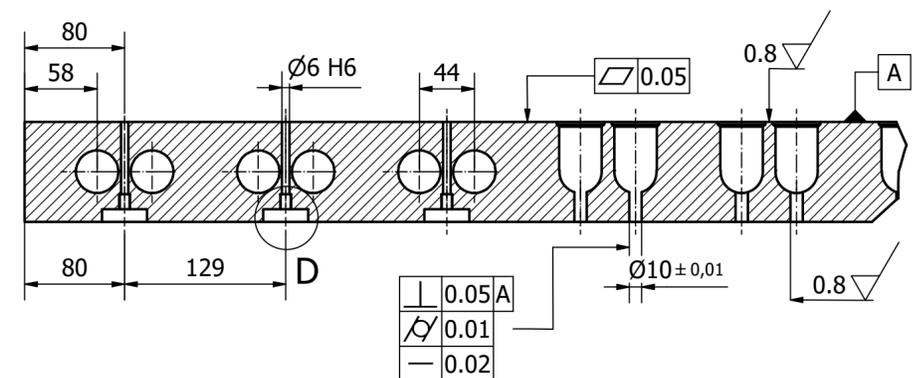
## Bibliografia

- BESANT, C. B. 2004. *CAD/CAM - Projeto e Fabricação com o Auxílio de Computador*. 3ª ed. Rio de Janeiro: Campus.
- CASSANIGA, F. A. 2000. *Fácil Programação do Controle Numérico*. São Paulo: F.A.C, 310p.
- COSTA, D. D. e PEREIRA, A. G. 2003. *Programação CNC Baseada em recursos*. In: 3º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO. Uberlândia, SP. Anais do II COBEF.
- GROOVER, M. P. e ZIMMERS, E. W. 1984. *CAD/CAM Computer Aided Design and Manufacturing*. New Jersey: Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 489p.
- MACHADO, A. 1990. *Comando Numérico Aplicado às Máquinas-Ferramentas*. 4ª ed. São Paulo: Ícone, 461p.
- Vale, Frederico. 2006. Normas e técnicas de desenho de máquinas. São Paulo. SOBRACOM.
- KOURBATOV, Alexandre. 2005. Escolha da máquina, ferramenta, e do regime de corte (Metodologia e dados tabelados), Universidade Eduardo Mondlane, Maputo.
- MATTSON, M. 2009. *CNC Programming - Principles and Applications*. 2ª ed. New York: Cengage learning.
- MCMAHON, C. e BROWNE, J. 1998. *CAD/CAM Principles Practice and Manufacturing Management*. 2ª ed. Boston: Addison-Wesley Longman Publishing Co.
- SILVA, S. D. 2008. *CNC Programação de Comando Numérico Computadorizado – Torneamento*. 8ª ed. São Paulo: Érica, 312p.
- Zeiss, Carl. 2016. *Geometric Dimensioning and Tolerancing (GD&T)*. 2ª ed. GOM Metrology
- Autodesk help. 2024. *The Integrated CAM Solution for Autodesk Inventor* [Online] 07 De Junho de 2024 [Citação: 06 De agosto de 2024] <https://www.help.autodesk.com/view-INVCAM/2020/enu>.
- Coromant Tool Guide. 2025. [Online] 02 De janeiro de 2025 [Citação: 06 De agosto de 2024] <https://www.sandvik.coromant.com/login?returnurl=/pt-pt/tools/coroplus-toolguide/tool-recommendation>.

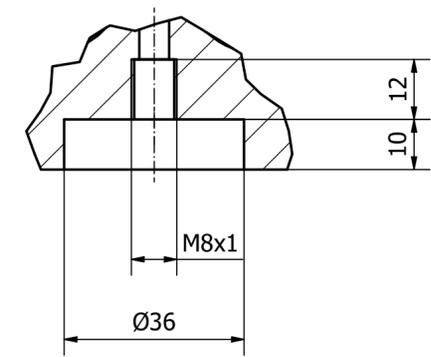
## APÊNDICE A



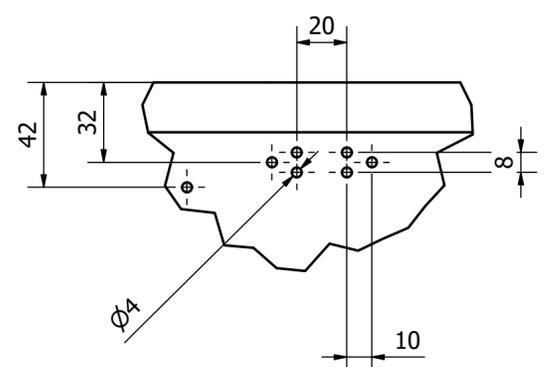
A-A (1:4)



D (1:1)



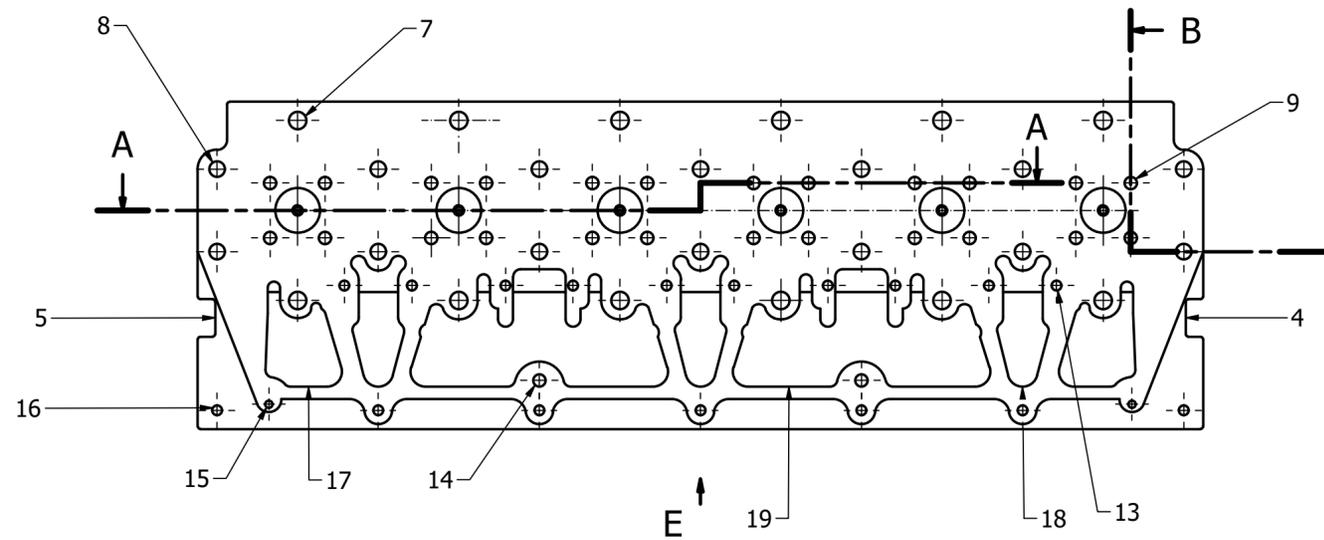
F (1:2)



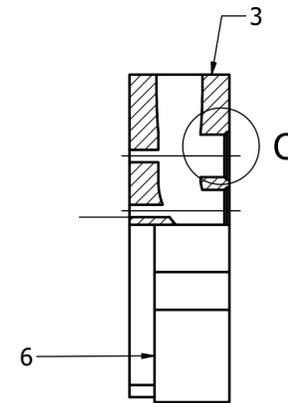
Nota:  
 Todos chanfros não especificados = 2x45°  
 Desvios não indicados : Furos - H8, Outras - ± IT 8/2  
 Todos os furos sem tolerância de posição: Ø0,08 mm, referenciados ao centro do cabeçote

					DEMA.TL.0001.DM			
Alt	Folha	Documento N°	Assin.	Data	Cabeçote do motor	Código	Massa	Escala
				2025			28,2 Kg	1:4
						Folha A2	Folha 1 De 3	
					Liga De Alumínio 356	UEM-FE-DEMA		

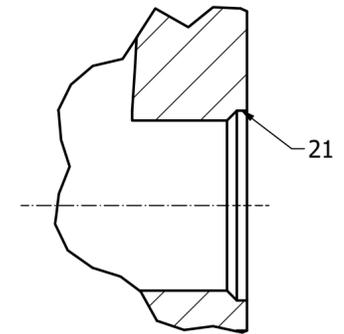
## APÊNDICE B



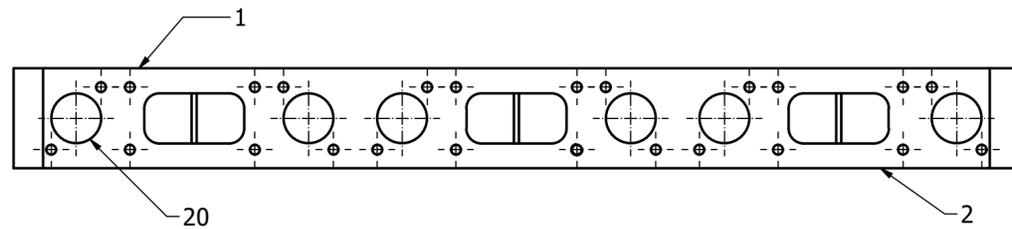
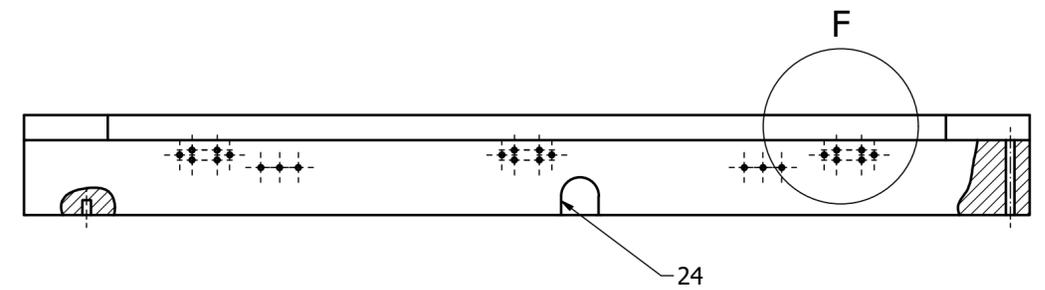
B-B (1:4)



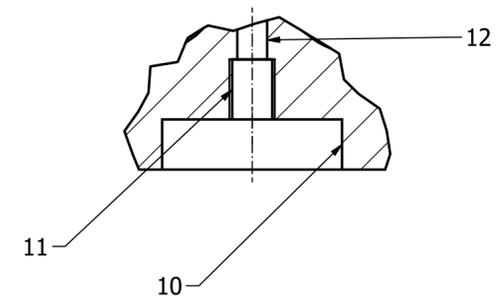
C (1:1)



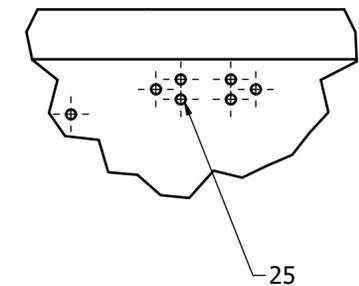
E (1:4)



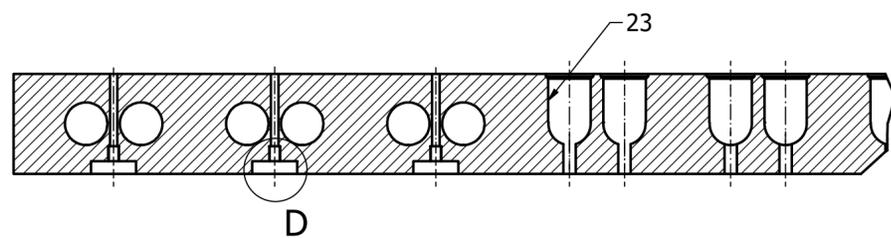
D (1:1)



F (1:2)



A-A (1:4)

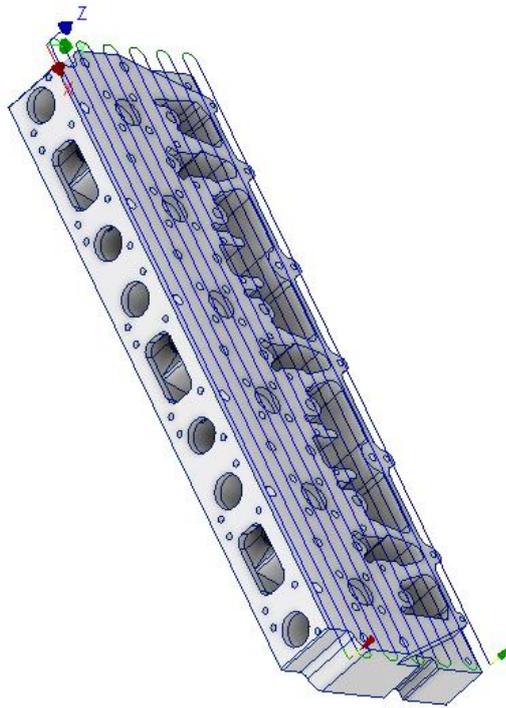


					DEMA.TL.0002.DM			
Alt	Folha	Documento N°	Assin.	Data	Cabeçote do motor	Código	Massa	Escala
		Albino Calbe		2025			28,2 Kg	1:4
Verificou		Inácio Ihate				Folha A2	Folha 1 De 1	
					Liga De Alumínio 356		UEM-FE-DEMA	

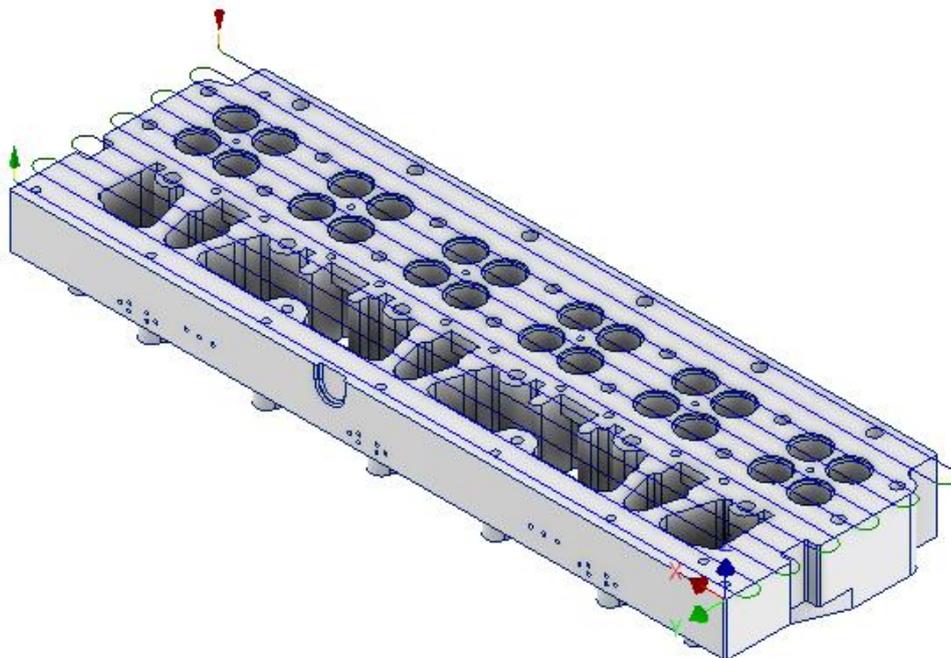
## APÊNDICE C

## Apêndice C – Trajectória da ferramenta para cada superfície

### Superfície 1

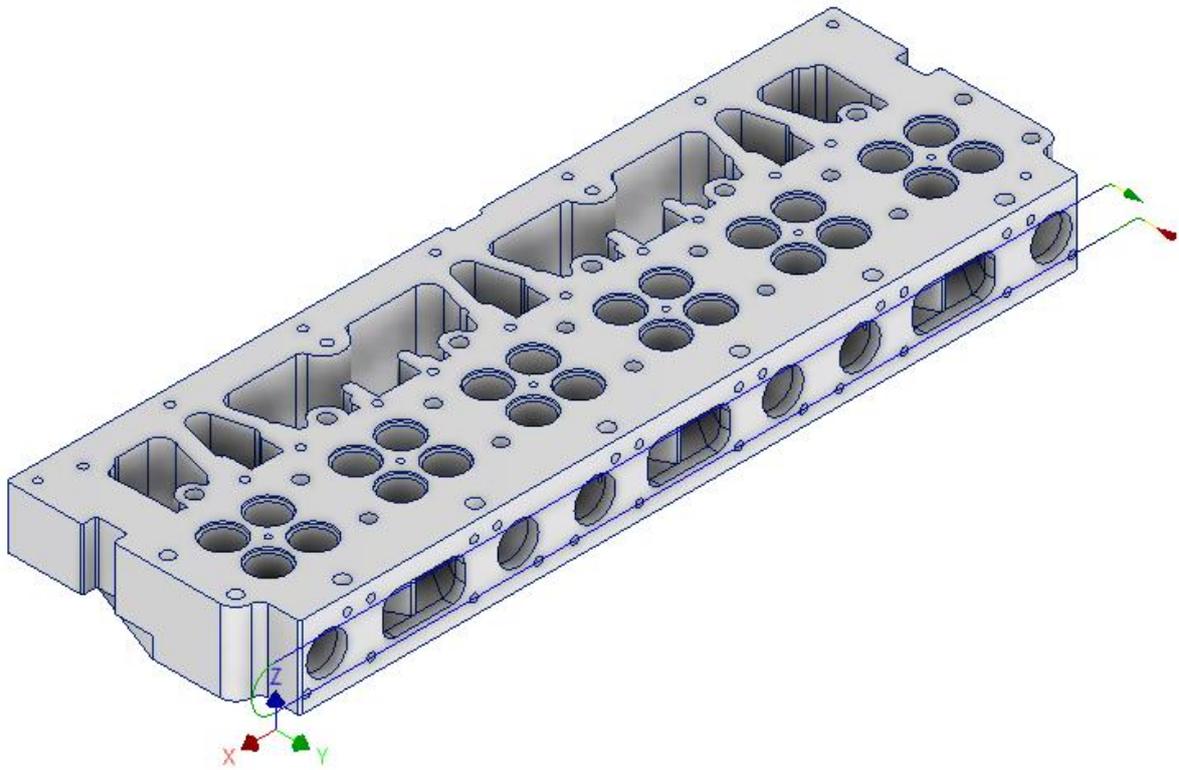


### Superfície 2

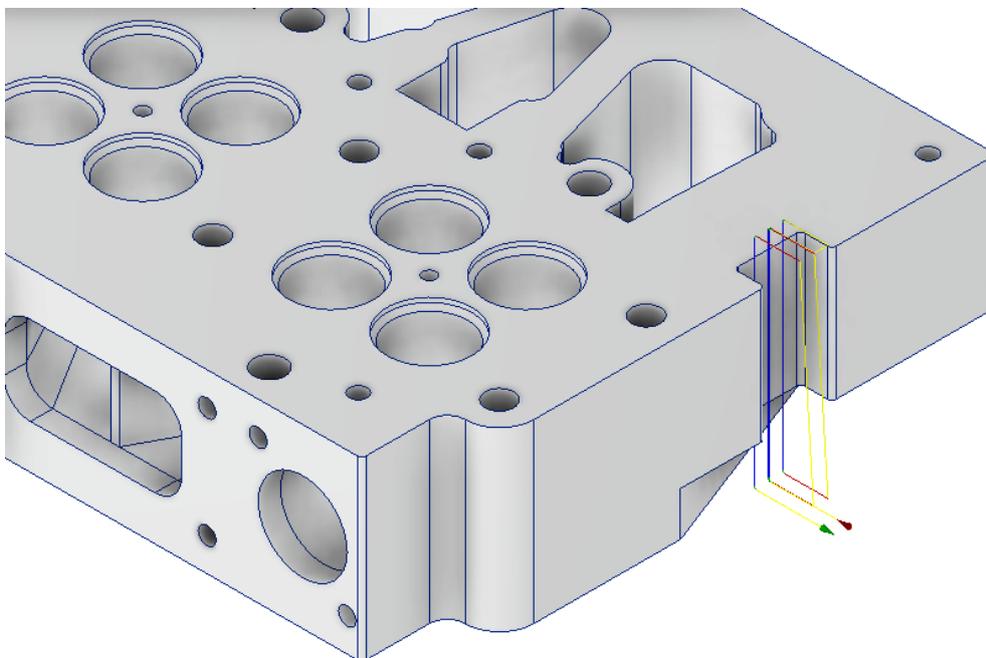


## Apêndice C – Trajectória da ferramenta para cada superfície

### Superfície 3

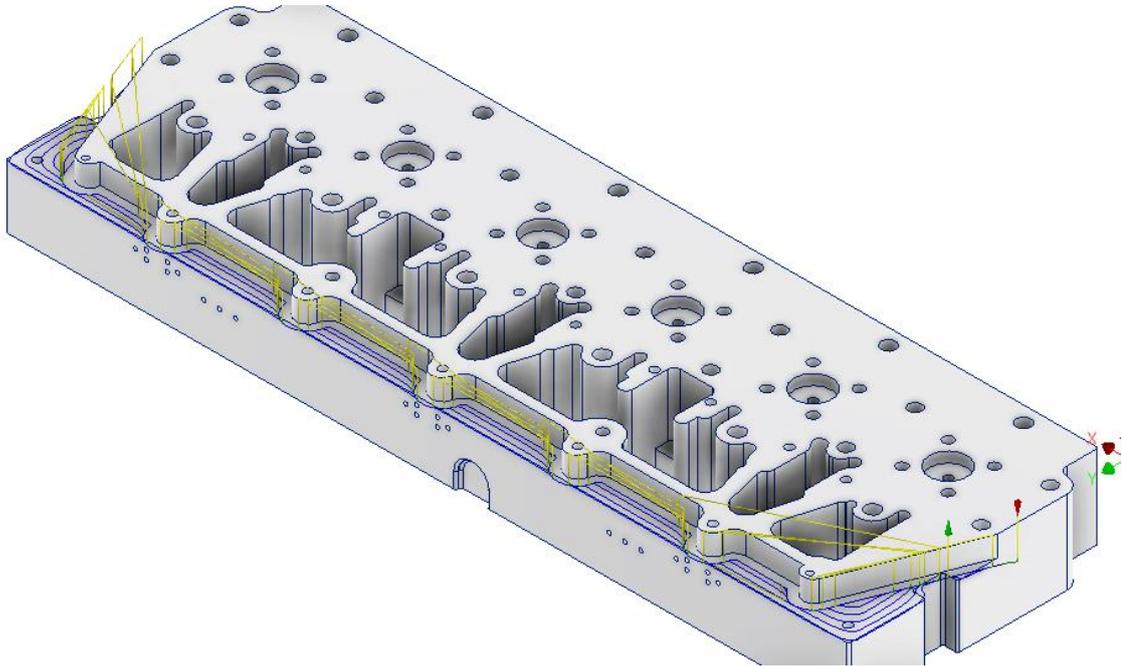


### Superfície 4

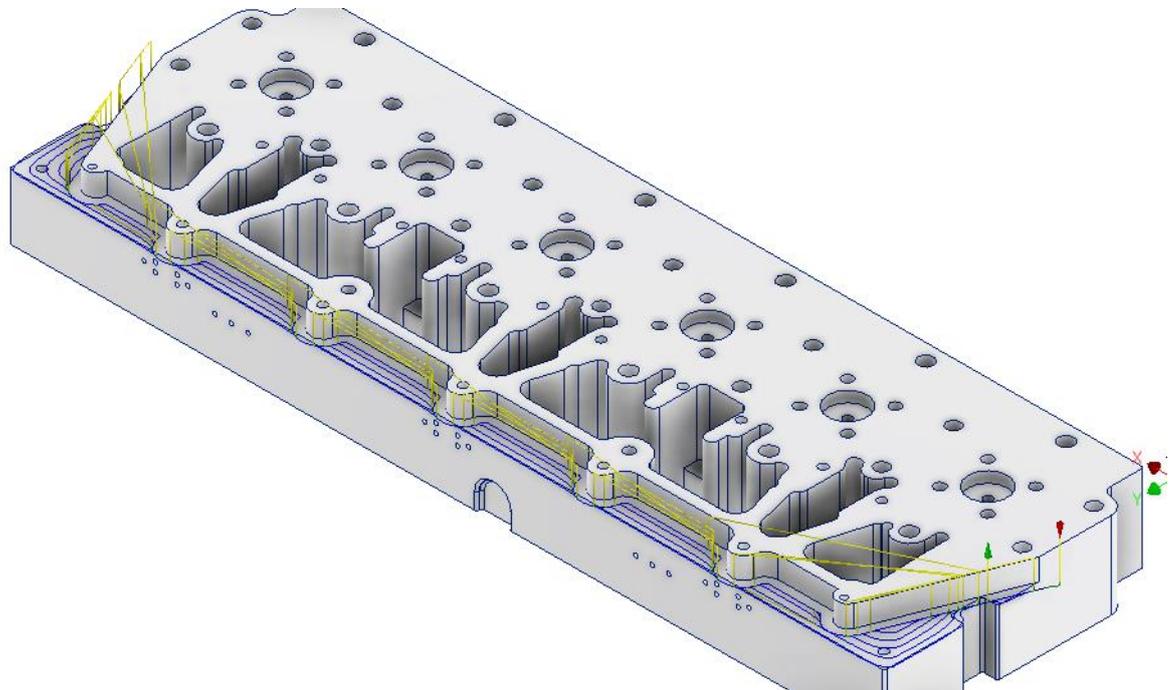


## Apêndice C – Trajectória da ferramenta para cada superfície

### Superfície 5

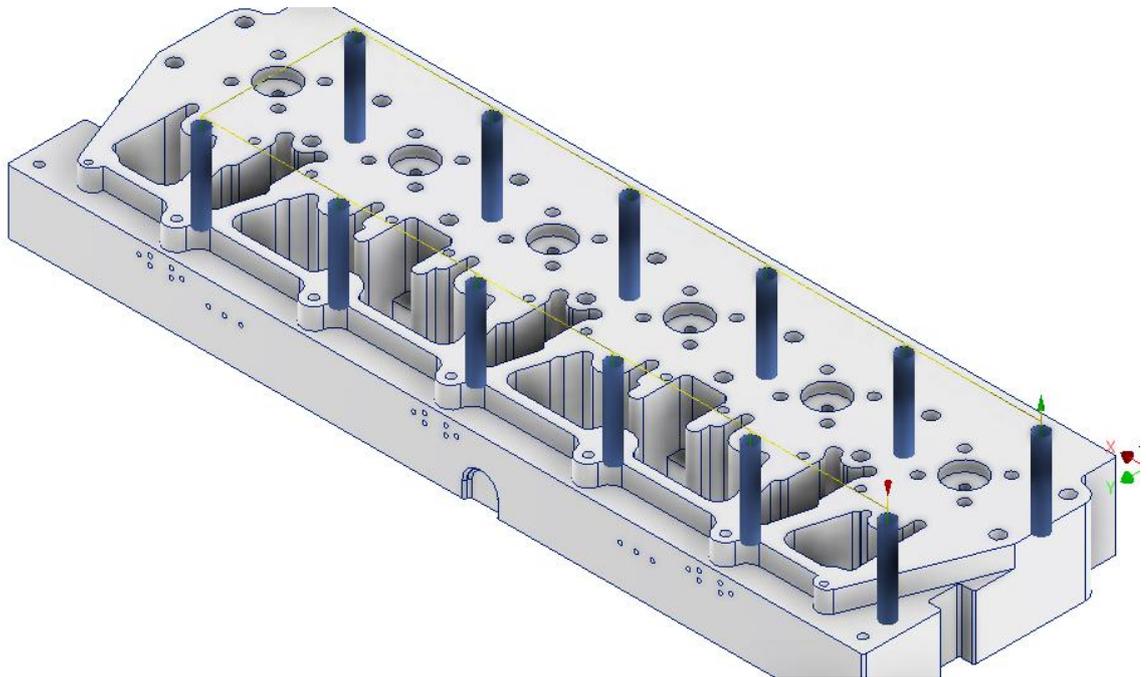


### Superfície 6

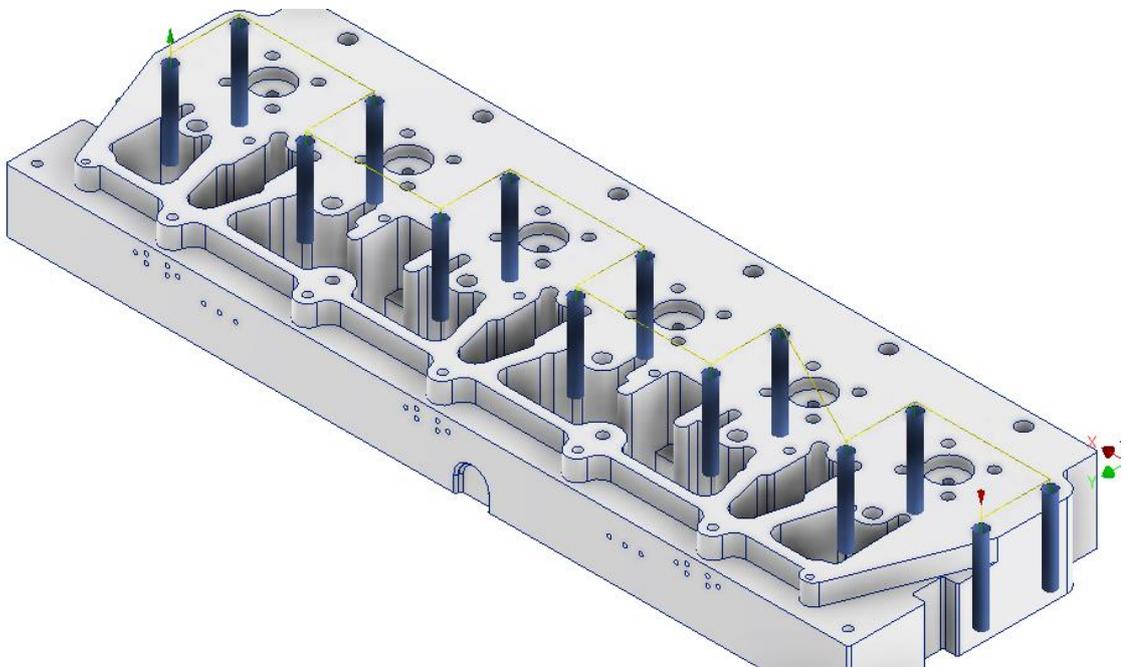


## Apêndice C – Trajectória da ferramenta para cada superfície

### Superfície 7

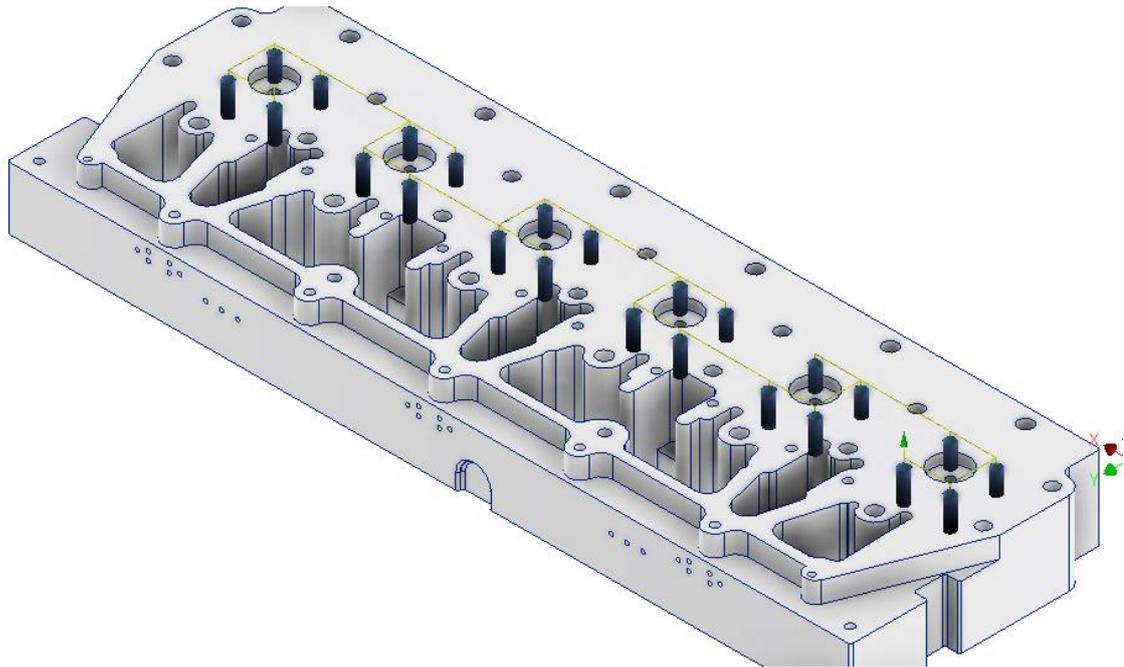


### Superfície 8

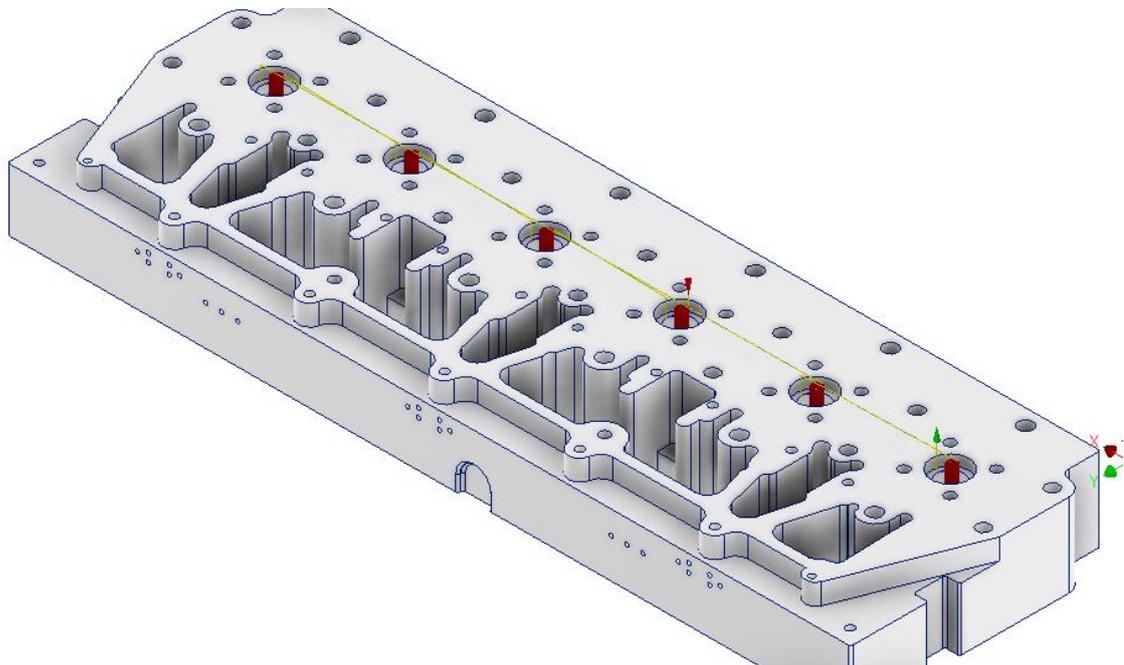


## Apêndice C – Trajectória da ferramenta para cada superfície

### Superfície 9

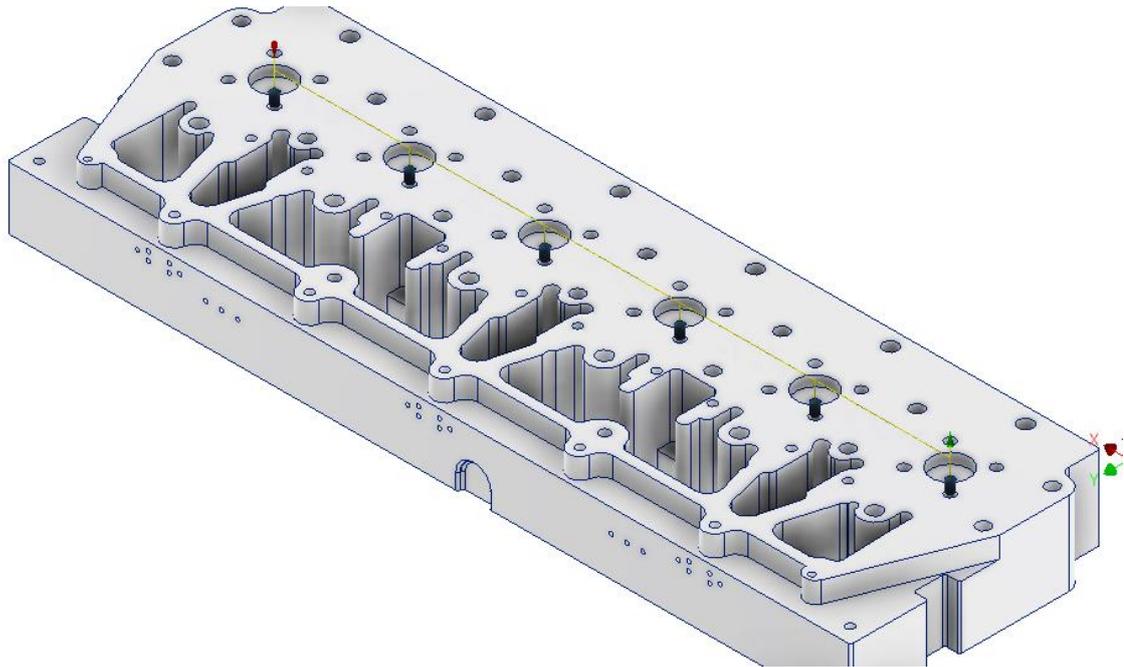


### Superfície 10

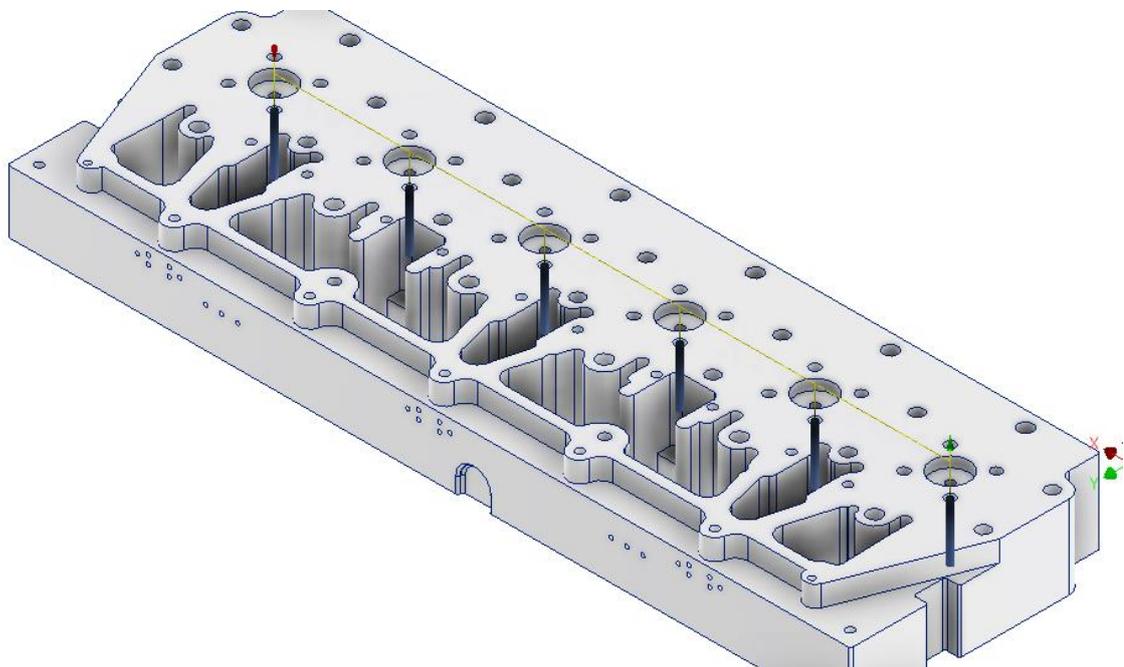


## Apêndice C – Trajectória da ferramenta para cada superfície

### Superfície 11

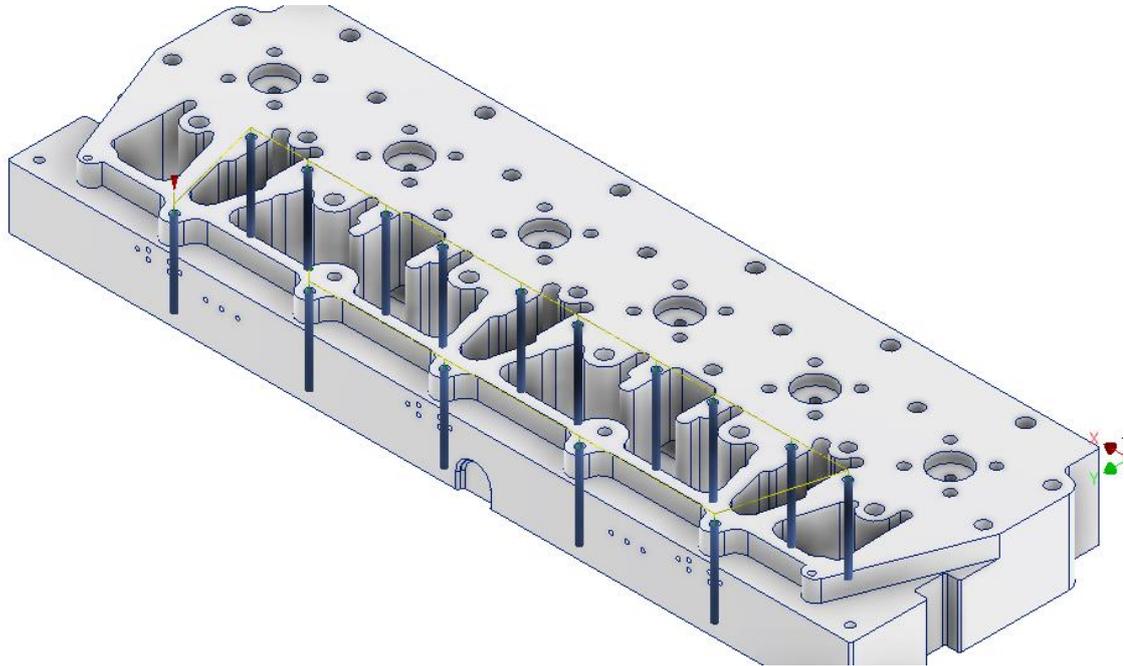


### Superfície 12

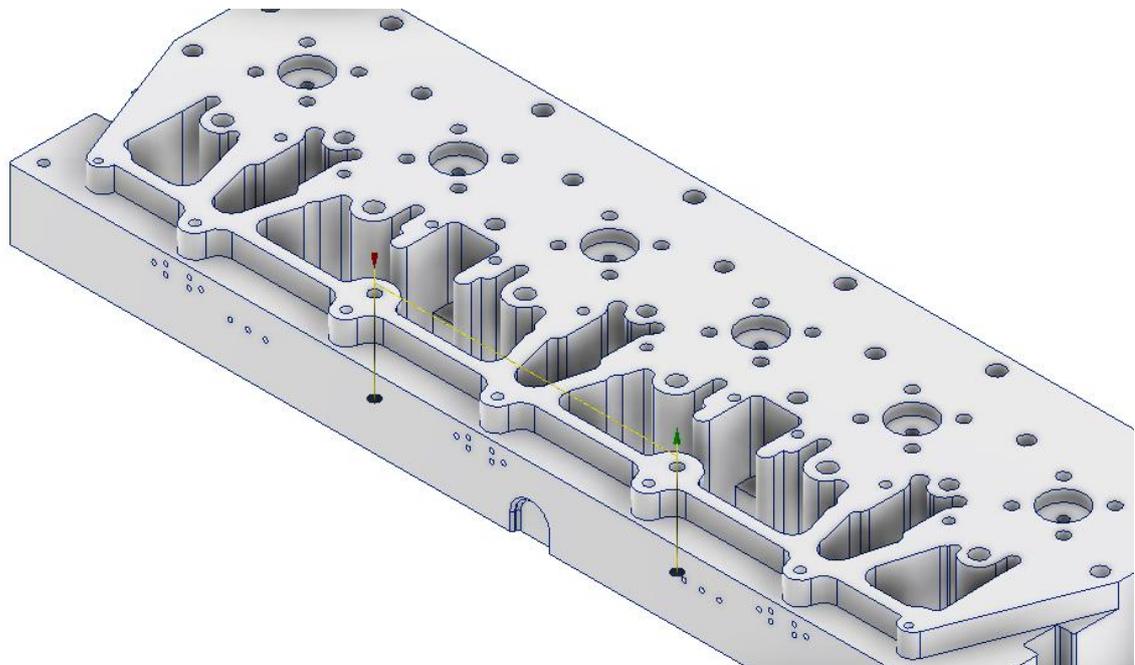


## Apêndice C – Trajectória da ferramenta para cada superfície

### Superfície 13

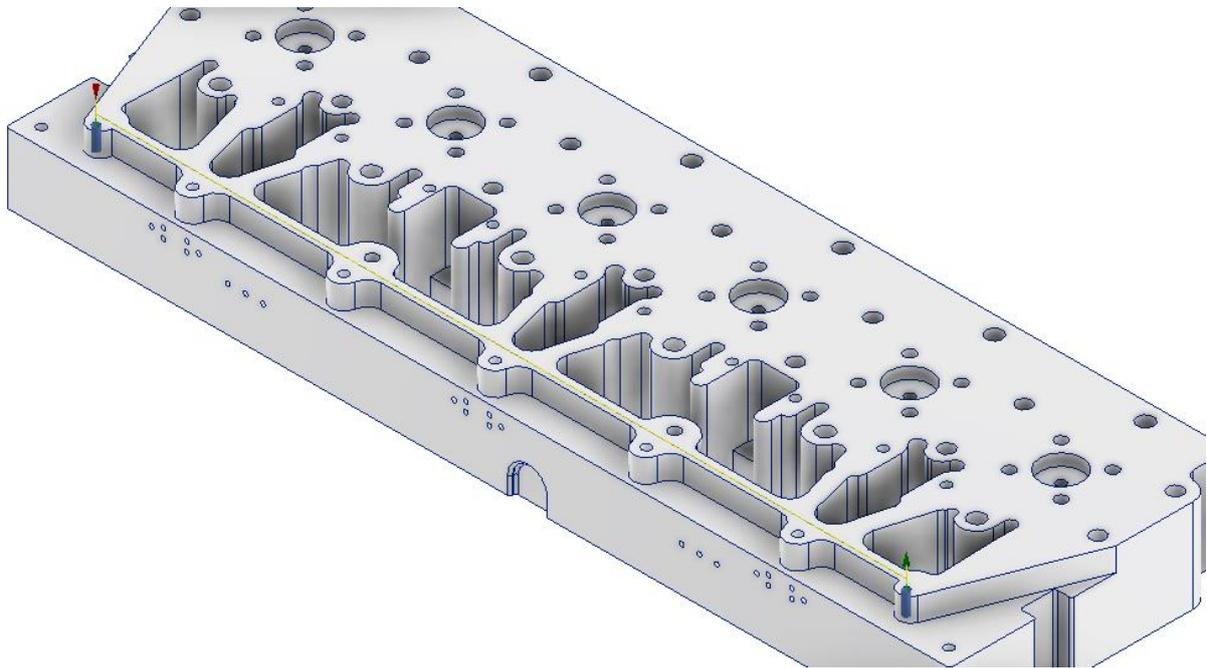


### Superfície 14

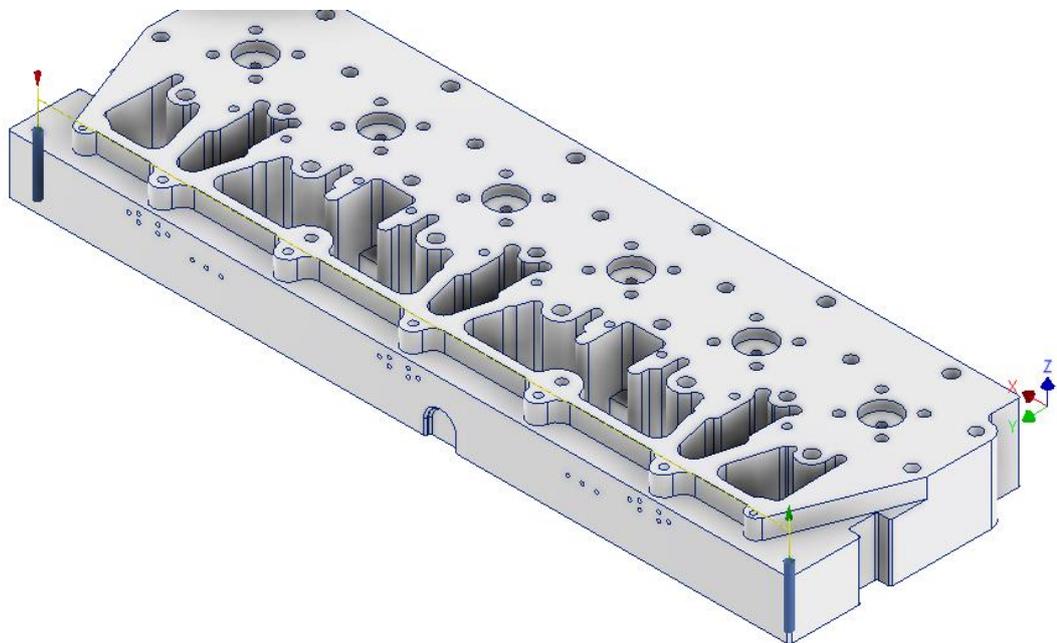


## Apêndice C – Trajectória da ferramenta para cada superfície

### Superfície 15

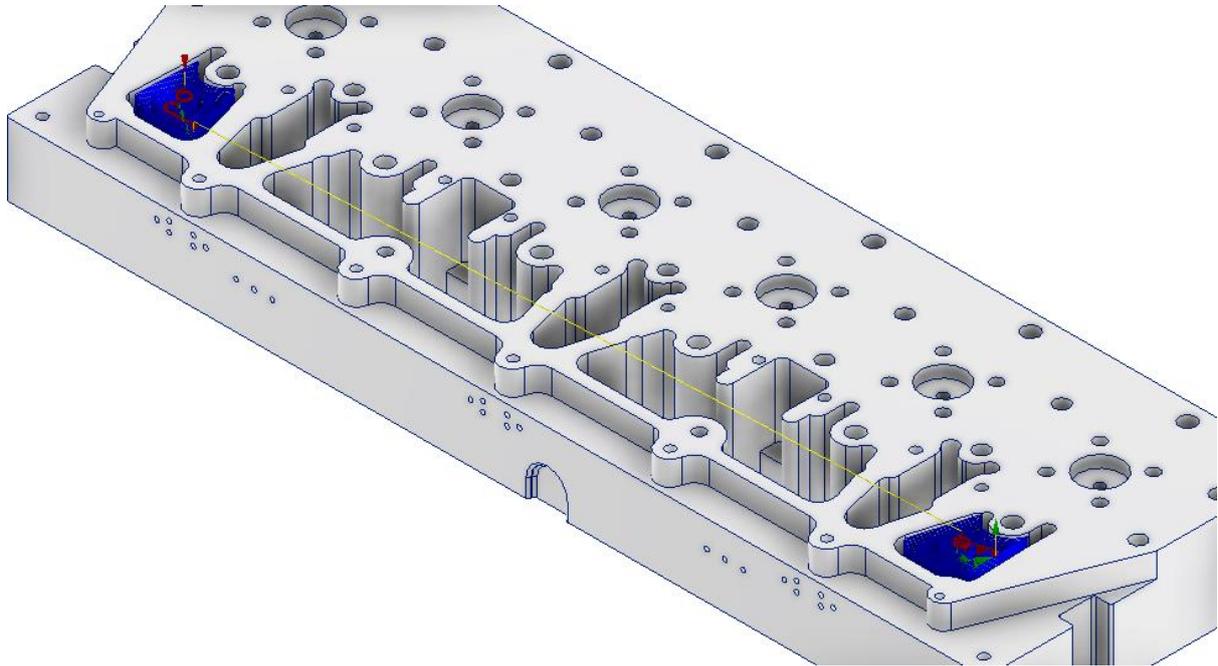


### Superfície 16

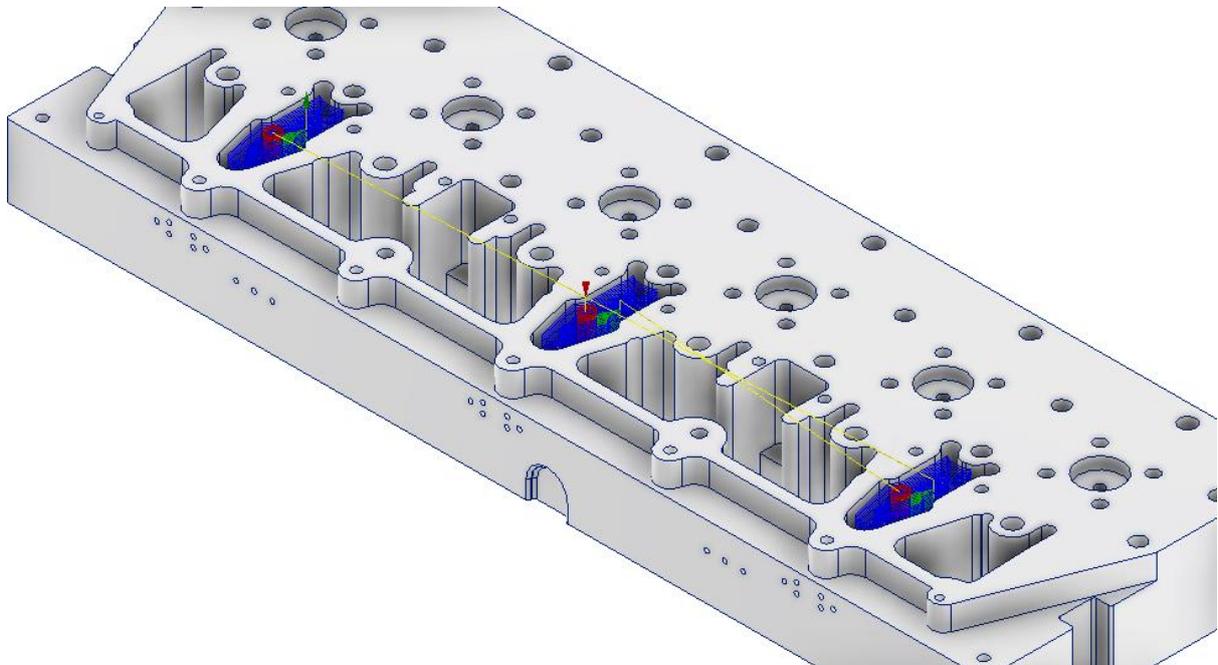


## Apêndice C – Trajectória da ferramenta para cada superfície

### Superfície 17

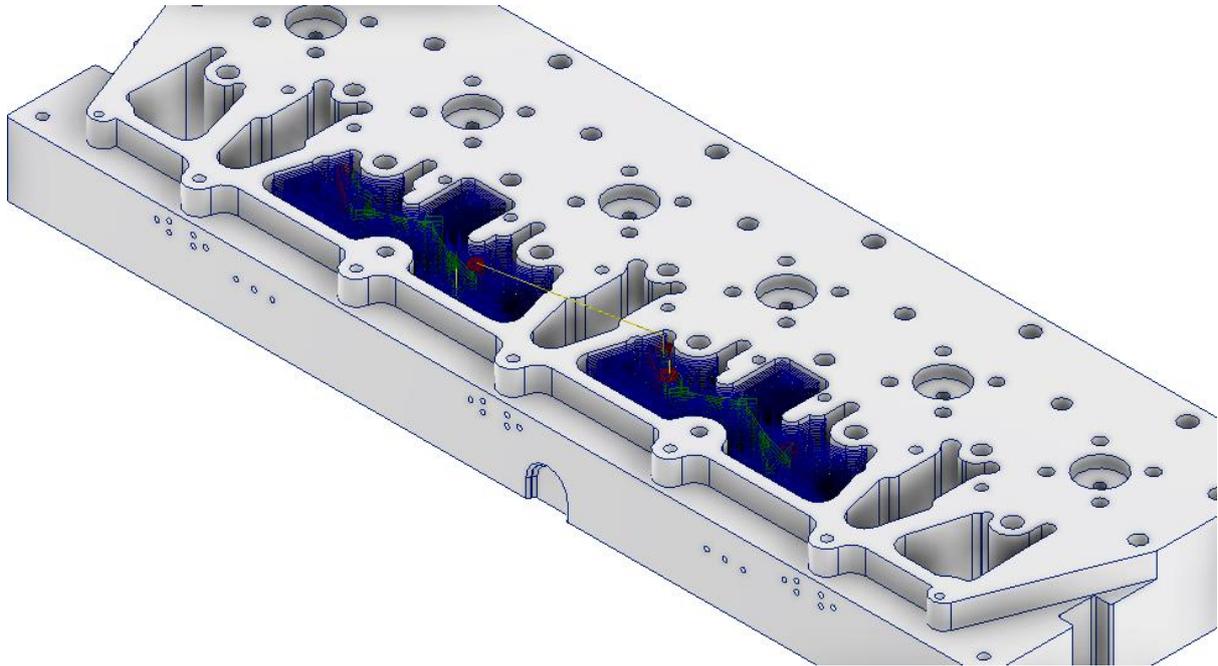


### Superfície 18

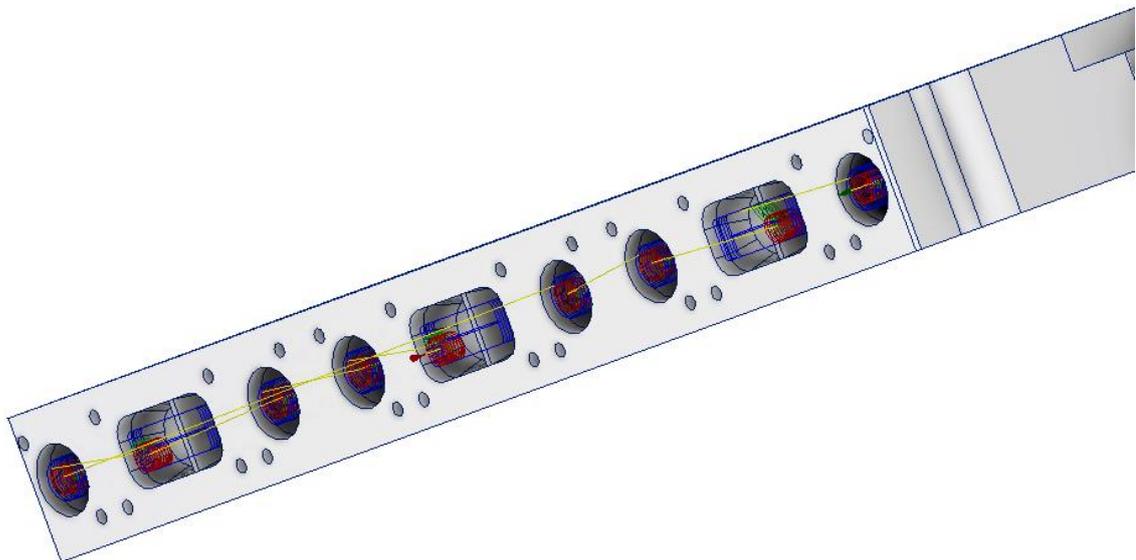


## Apêndice C – Trajectória da ferramenta para cada superfície

### Superfície 19

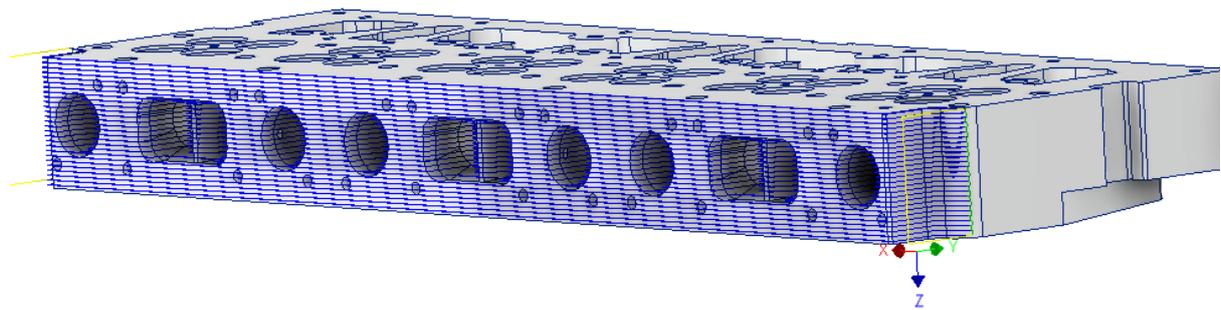


### Superfície 20

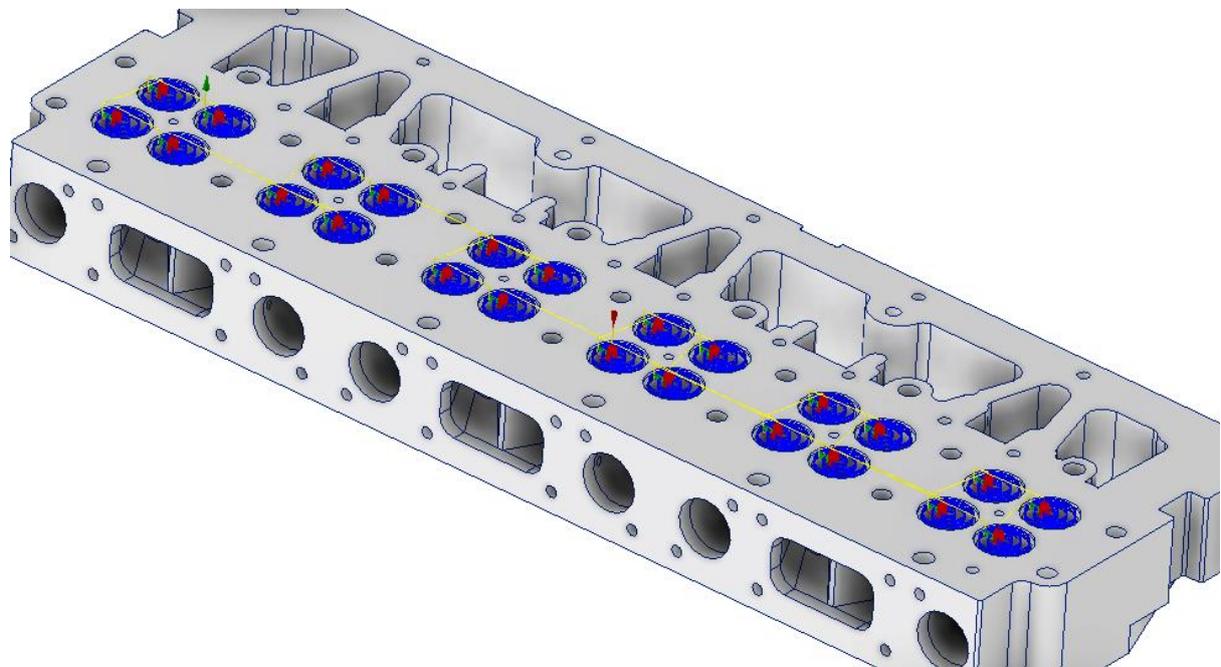


## Apêndice C – Trajectória da ferramenta para cada superfície

### Superfície 21

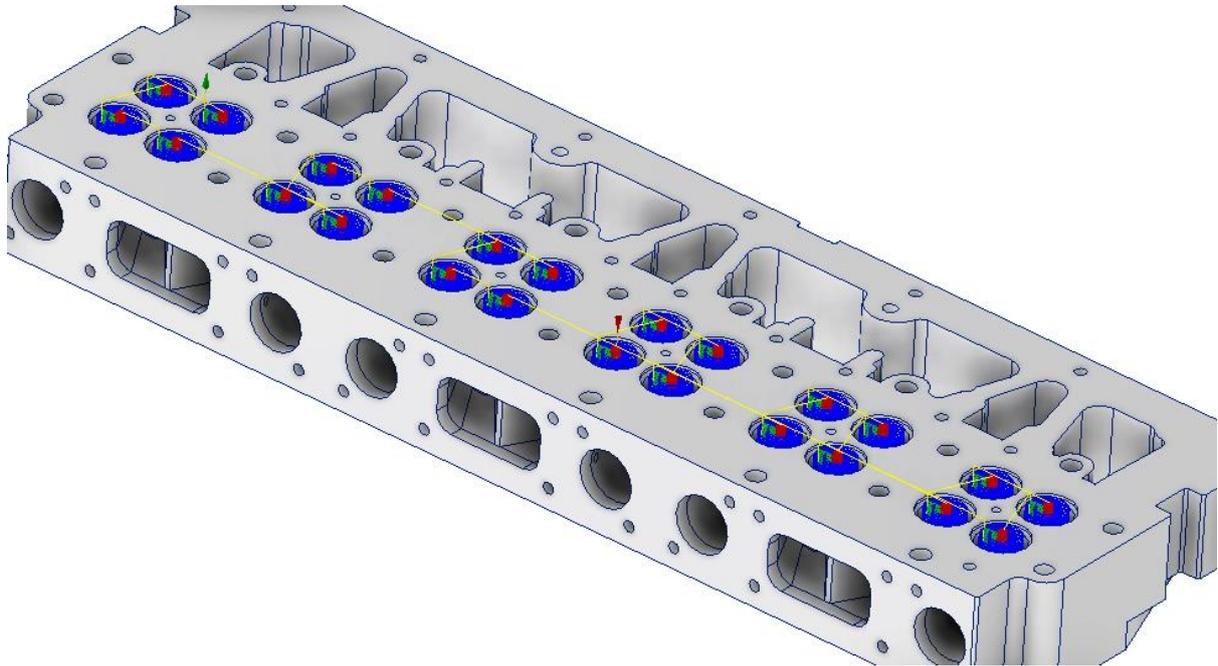


### Superfície 22

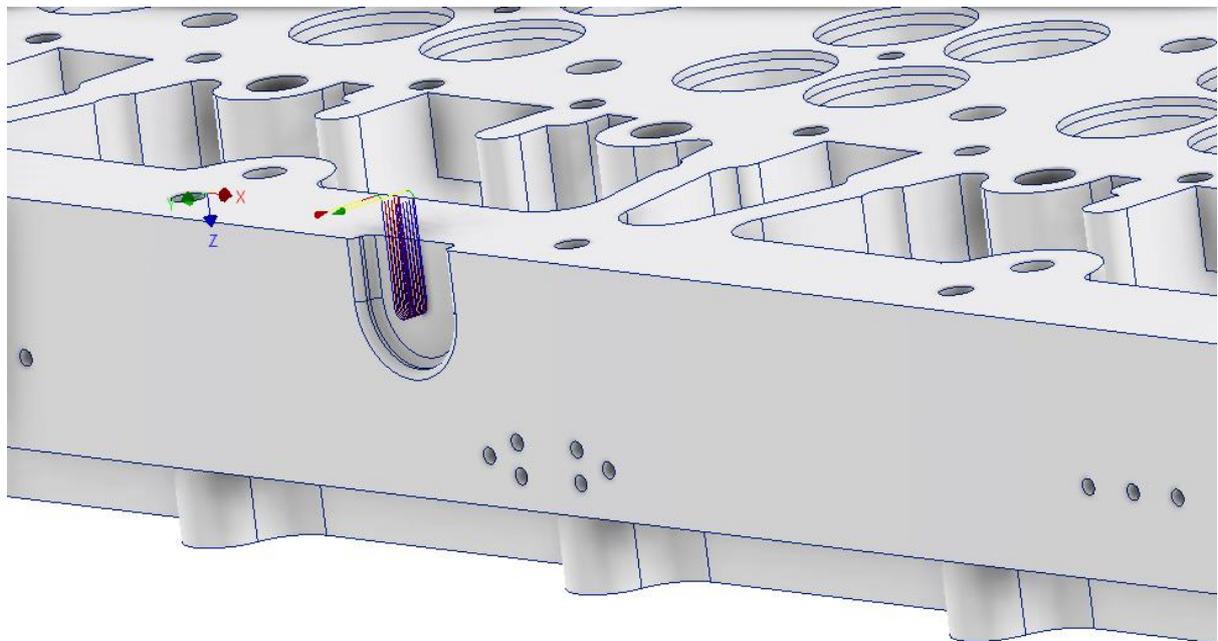


## Apêndice C – Trajectória da ferramenta para cada superfície

### Superfície 23

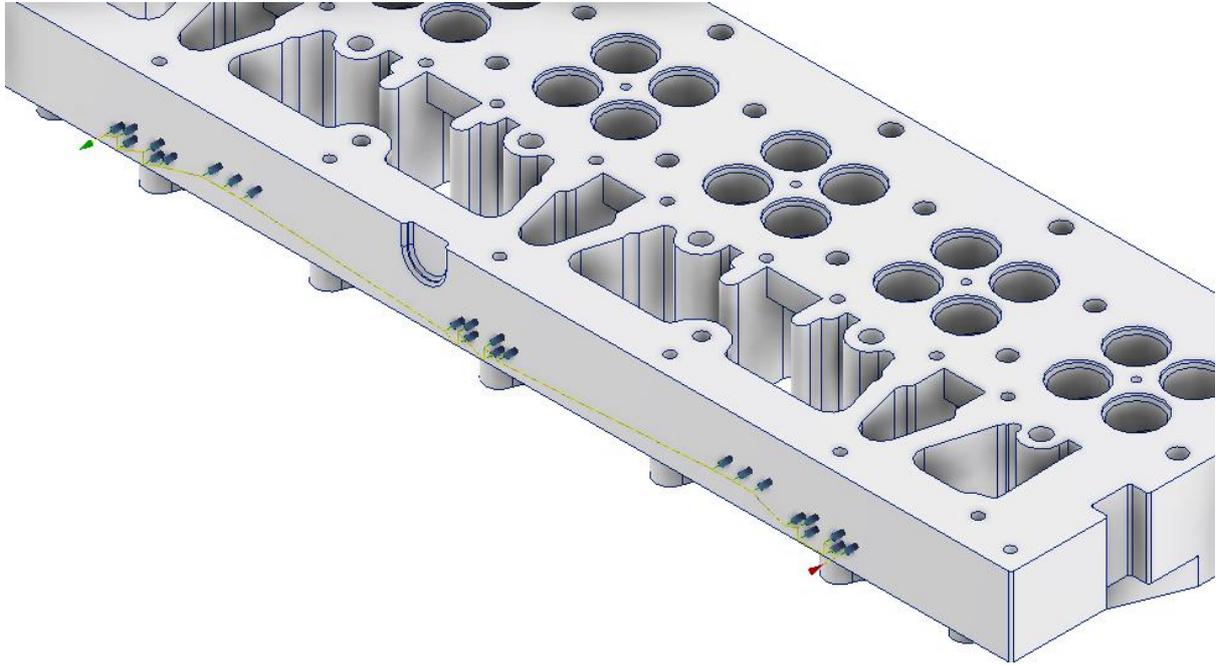


### Superfície 24



## Apêndice C – Trajectória da ferramenta para cada superfície

### Superfície 25



## APÊNDICE D

§  
 O01011  
 (Using high feed G1 F5000. instead of G0.)  
 (Machine)  
 ( vendor: HAAS)  
 ( model: GM-2-5AX)  
 ( description: HAAS GM-2-5AX)  
 (T1 D=25. CR=0. - ZMIN=-3. - flat end mill)  
 (T2 D=16. CR=0. - ZMIN=-22.5 - flat end mill)  
 N10 G90 G17  
 N15 G21  
 N20 G53 G0 Z0.  
  
 (Superficie 1 - PreUsinagem)  
 N25 T1 M6  
 N30 S18000 M3  
 N35 G54  
 N40 G17 G90  
 N45 M11  
 N50 M13  
 N55 G0 A0. B0.  
 N60 M10  
 N65 M12  
 N70 M9  
 N75 G1 X825.25 Y9.917 F5000.  
 N80 G0 G43 Z15. H1  
 N85 T2  
 N90 G0 Z5.  
 N95 G1 Z0. F14592.  
 N100 G18 G3 X822.75 Z-2.5 I-2.5 K0. F43776.  
 N105 G1 X809.  
 N110 X0.  
 N115 G17 G2 Y32.096 I0. J11.09  
 N120 G1 X809.  
 N125 G3 Y54.275 I0. J11.09  
 N130 G1 X0.  
 N135 G2 Y76.454 I0. J11.09  
 N140 G1 X809.  
 N145 G3 Y98.633 I0. J11.09  
 N150 G1 X0.  
 N155 G2 Y120.813 I0. J11.09  
 N160 G1 X809.  
 N165 G3 Y142.992 I0. J11.09  
 N170 G1 X0.  
 N175 G2 Y165.171 I0. J11.09  
 N180 G1 X809.  
 N185 G3 Y187.35 I0. J11.09  
 N190 G1 X0.  
 N195 G2 Y209.529 I0. J11.09  
 N200 G1 X809.  
 N205 G3 Y231.708 I0. J11.09  
 N210 G1 X0.  
 N215 G2 Y253.887 I0. J11.09  
 N220 G1 X809.  
 N225 G18 G2 X811.5 Z0. I0. K2.5  
 N230 G0 Z15.  
  
 (Superficie 1 - Acabamento)  
 N235 S16043 M3  
 N240 G17  
 N245 G1 X825.25 Y9.917 F5000.  
 N250 G0 Z15.  
 N255 Z5.  
 N260 G1 Z-0.5 F5304.83  
 N265 G18 G3 X822.75 Z-3. I-2.5 K0. F15914.48  
 N270 G1 X809.  
 N275 X0.  
 N280 G17 G2 Y32.096 I0. J11.09  
 N285 G1 X809.  
 N290 G3 Y54.275 I0. J11.09  
 N295 G1 X0.  
 N300 G2 Y76.454 I0. J11.09  
 N305 G1 X809.  
 N310 G3 Y98.633 I0. J11.09  
 N315 G1 X0.  
 N320 G2 Y120.813 I0. J11.09  
 N325 G1 X809.  
 N330 G3 Y142.992 I0. J11.09  
 N335 G1 X0.  
 N340 G2 Y165.171 I0. J11.09  
 N345 G1 X809.  
 N350 G3 Y187.35 I0. J11.09  
 N355 G1 X0.  
  
 N360 G2 Y209.529 I0. J11.09  
 N365 G1 X809.  
 N370 G3 Y231.708 I0. J11.09  
 N375 G1 X0.  
 N380 G2 Y253.887 I0. J11.09  
 N385 G1 X809.  
 N390 G18 G2 X811.5 Z-0.5 I0. K2.5  
 N395 G0 Z15.  
 N400 M9  
 N405 M5  
 N410 G53 G0 Z0.  
  
 (Superficie 6 - PrreUsinagem)  
 N415 M1  
 N420 T2 M6  
 N425 S18000 M3  
 N430 G54  
 N435 G17 G90  
 N440 M11  
 N445 M13  
 N450 G0 A0. B0.  
 N455 M10  
 N460 M12  
 N465 M8  
 N470 G1 X-11.275 Y115.901 F5000.  
 N475 G0 G43 Z15. H2  
 N480 T1  
 N485 G0 Z5.  
 N490 Z-19.3  
 N495 G1 Z-20.9 F38250.  
 N500 X-11.271 Y115.907 Z-21.057  
 N505 X-11.257 Y115.926 Z-21.212  
 N510 X-11.235 Y115.957 Z-21.364  
 N515 X-11.204 Y116. Z-21.512  
 N520 X-11.165 Y116.054 Z-21.654  
 N525 X-11.118 Y116.12 Z-21.789  
 N530 X-11.064 Y116.196 Z-21.915  
 N535 X-11.002 Y116.281 Z-22.031  
 N540 X-10.934 Y116.376 Z-22.137  
 N545 X-10.861 Y116.478 Z-22.23  
 N550 X-10.782 Y116.588 Z-22.311  
 N555 X-10.699 Y116.703 Z-22.378  
 N560 X-10.613 Y116.823 Z-22.431  
 N565 X-10.524 Y116.947 Z-22.469  
 N570 X-10.434 Y117.073 Z-22.492  
 N575 X-10.342 Y117.2 Z-22.5  
 N580 G3 X-6.008 Y124.859 I-33.178 J23.828  
 N585 G1 X-2.263 Y134.457  
 N590 X-1.79 Y135.875  
 N595 X-1.359 Y137.308  
 N600 X-1.015 Y138.763  
 N605 X-0.74 Y140.233  
 N610 X-0.519 Y141.712  
 N615 X-0.342 Y143.197  
 N620 X-0.199 Y144.686  
 N625 X-0.084 Y146.177  
 N630 X0.009 Y147.67  
 N635 X0.084 Y149.164  
 N640 X0.145 Y150.658  
 N645 X0.21 Y152.152  
 N650 X0.433 Y153.631  
 N655 X1.081 Y154.979  
 N660 X2.034 Y156.132  
 N665 X3.173 Y157.102  
 N670 X4.43 Y157.912  
 N675 X5.767 Y158.583  
 N680 X6.076 Y158.706  
 N685 X6.482 Y158.901  
 N690 X6.858 Y159.15  
 N695 X7.196 Y159.447  
 N700 X7.491 Y159.787  
 N705 X7.736 Y160.165  
 N710 X7.928 Y160.572  
 N715 X11.782 Y170.446  
 N720 X12.255 Y171.865  
 N725 X12.677 Y173.3  
 N730 X13.013 Y174.757  
 N735 X13.283 Y176.228  
 N740 X13.499 Y177.708  
 N745 X13.673 Y179.194  
 N750 X13.813 Y180.683  
 N755 X13.862 Y181.429  
 N760 X13.865 Y181.831

N765 X13.854 Y181.98  
 N770 X13.829 Y182.128  
 N775 X13.773 Y182.268  
 N780 X13.679 Y182.458  
 N785 X13.535 Y182.696  
 N790 X13.331 Y182.982  
 N795 X13.051 Y183.313  
 N800 X12.679 Y183.687  
 N805 X12.195 Y184.101  
 N810 X11.571 Y184.554  
 N815 X10.771 Y185.042  
 N820 X9.435 Y185.715  
 N825 X8.069 Y186.323  
 N830 X6.773 Y187.069  
 N835 X5.658 Y188.067  
 N840 X4.722 Y189.233  
 N845 X3.942 Y190.509  
 N850 X3.296 Y191.858  
 N855 X2.764 Y193.256  
 N860 X2.326 Y194.686  
 N865 X1.967 Y196.138  
 N870 X1.674 Y197.605  
 N875 X1.435 Y199.081  
 N880 X1.24 Y200.564  
 N885 X1.082 Y202.051  
 N890 X0.953 Y203.541  
 N895 X0.848 Y205.033  
 N900 X0.763 Y206.526  
 N905 X0.694 Y208.02  
 N910 X0.638 Y209.515  
 N915 X0.593 Y211.01  
 N920 X0.556 Y212.505  
 N925 X0.526 Y214.  
 N930 X0.502 Y215.496  
 N935 X0.483 Y216.991  
 N940 X0.467 Y218.487  
 N945 X0.454 Y219.982  
 N950 X0.444 Y221.478  
 N955 X0.436 Y222.973  
 N960 X0.429 Y224.469  
 N965 X0.423 Y225.965  
 N970 X0.415 Y228.956  
 N975 X0.41 Y231.947  
 N980 X0.405 Y236.434  
 N985 X0.402 Y243.912  
 N990 X0.4 Y254.381  
 N995 X0.408 Y255.877  
 N1000 X0.552 Y257.366  
 N1005 X1.123 Y258.748  
 N1010 X2.032 Y259.936  
 N1015 X3.142 Y260.938  
 N1020 X4.381 Y261.775  
 N1025 X5.706 Y262.47  
 N1030 X7.087 Y263.044  
 N1035 X8.506 Y263.516  
 N1040 X9.951 Y263.903  
 N1045 X11.412 Y264.22  
 N1050 X12.885 Y264.479  
 N1055 X14.366 Y264.69  
 N1060 X15.852 Y264.861  
 N1065 X17.341 Y265.001  
 N1070 X18.832 Y265.114  
 N1075 X20.325 Y265.206  
 N1080 X21.819 Y265.281  
 N1085 X23.313 Y265.342  
 N1090 X24.808 Y265.391  
 N1095 X26.303 Y265.431  
 N1100 X27.798 Y265.463  
 N1105 X29.294 Y265.489  
 N1110 X30.789 Y265.51  
 N1115 X32.285 Y265.527  
 N1120 X33.78 Y265.541  
 N1125 X35.276 Y265.552  
 N1130 X36.771 Y265.561  
 N1135 X38.267 Y265.569  
 N1140 X39.762 Y265.575  
 N1145 X42.754 Y265.583  
 N1150 X45.745 Y265.589  
 N1155 X50.232 Y265.594  
 N1160 X57.71 Y265.598  
 N1165 X74.162 Y265.6  
 N1170 X108.561  
 N1175 X135.429  
 N1180 X135.843 Y265.626  
 N1185 X136.249 Y265.703  
  
 N1190 X136.643 Y265.831  
 N1195 X137.018 Y266.007  
 N1200 X137.267 Y266.144  
 N1205 X137.832 Y266.419  
 N1210 X138.226 Y266.61  
 N1215 X138.706 Y266.835  
 N1220 X139.186 Y267.057  
 N1225 X139.665 Y267.26  
 N1230 X140.017 Y267.379  
 N1235 X140.145 Y267.419  
 N1240 X140.625 Y267.561  
 N1245 X141.585 Y267.826  
 N1250 X142.544 Y268.084  
 N1255 X143.024 Y268.171  
 N1260 X143.504 Y268.255  
 N1265 X143.983 Y268.305  
 N1270 X144.943 Y268.394  
 N1275 X145.423 Y268.437  
 N1280 X145.903 Y268.47  
 N1285 X146.382 Y268.484  
 N1290 X146.862 Y268.485  
 N1295 X147.342 Y268.451  
 N1300 X147.822 Y268.415  
 N1305 X148.781 Y268.328  
 N1310 X149.261 Y268.274  
 N1315 X149.741 Y268.218  
 N1320 X150.22 Y268.124  
 N1325 X150.7 Y268.014  
 N1330 X151.18 Y267.891  
 N1335 X151.66 Y267.759  
 N1340 X152.14 Y267.624  
 N1345 X153.596 Y267.282  
 N1350 X155.055 Y266.954  
 N1355 X156.527 Y266.691  
 N1360 X158.008 Y266.479  
 N1365 X159.494 Y266.31  
 N1370 X160.983 Y266.173  
 N1375 X162.474 Y266.063  
 N1380 X163.967 Y265.974  
 N1385 X165.461 Y265.902  
 N1390 X166.956 Y265.844  
 N1395 X168.451 Y265.798  
 N1400 X169.946 Y265.76  
 N1405 X171.441 Y265.729  
 N1410 X172.937 Y265.705  
 N1415 X174.432 Y265.685  
 N1420 X175.928 Y265.668  
 N1425 X177.423 Y265.655  
 N1430 X178.919 Y265.645  
 N1435 X180.414 Y265.636  
 N1440 X181.91 Y265.629  
 N1445 X183.406 Y265.624  
 N1450 X186.397 Y265.616  
 N1455 X189.388 Y265.61  
 N1460 X193.875 Y265.605  
 N1465 X201.353 Y265.602  
 N1470 X202.848  
 N1475 X223.787 Y265.6  
 N1480 X253.699  
 N1485 X264.431  
 N1490 X264.833 Y265.624  
 N1495 X265.228 Y265.698  
 N1500 X265.611 Y265.818  
 N1505 X265.977 Y265.985  
 N1510 X266.325 Y266.169  
 N1515 X266.832 Y266.419  
 N1520 X267.285 Y266.638  
 N1525 X267.765 Y266.862  
 N1530 X268.245 Y267.078  
 N1535 X268.724 Y267.283  
 N1540 X269.022 Y267.379  
 N1545 X269.204 Y267.434  
 N1550 X269.684 Y267.577  
 N1555 X270.704 Y267.859  
 N1560 X271.603 Y268.095  
 N1565 X272.083 Y268.182  
 N1570 X272.563 Y268.258  
 N1575 X273.042 Y268.312  
 N1580 X274.002 Y268.399  
 N1585 X274.482 Y268.441  
 N1590 X274.961 Y268.477  
 N1595 X275.441 Y268.484  
 N1600 X275.921 Y268.486  
 N1605 X276.88 Y268.41  
 N1610 X277.84 Y268.323

N1615 X278.32 Y268.267
N1620 X278.8 Y268.205
N1625 X279.279 Y268.114
N1630 X279.759 Y267.998
N1635 X280.239 Y267.875
N1640 X280.719 Y267.742
N1645 X281.198 Y267.608
N1650 X282.652 Y267.255
N1655 X284.112 Y266.932
N1660 X285.585 Y266.673
N1665 X287.066 Y266.465
N1670 X288.552 Y266.298
N1675 X290.042 Y266.164
N1680 X291.534 Y266.055
N1685 X293.027 Y265.968
N1690 X294.521 Y265.897
N1695 X296.015 Y265.84
N1700 X297.51 Y265.794
N1705 X299.005 Y265.757
N1710 X300.501 Y265.727
N1715 X301.996 Y265.703
N1720 X303.491 Y265.683
N1725 X304.987 Y265.667
N1730 X306.483 Y265.654
N1735 X307.978 Y265.644
N1740 X309.474 Y265.636
N1745 X310.969 Y265.629
N1750 X312.465 Y265.623
N1755 X315.456 Y265.615
N1760 X318.447 Y265.61
N1765 X322.934 Y265.605
N1770 X330.412 Y265.602
N1775 X331.908
N1780 X354.342 Y265.6
N1785 X382.759
N1790 X393.424
N1795 X393.817 Y265.623
N1800 X394.204 Y265.694
N1805 X394.58 Y265.809
N1810 X394.94 Y265.969
N1815 X395.384 Y266.199
N1820 X395.864 Y266.435
N1825 X396.344 Y266.667
N1830 X396.841 Y266.899
N1835 X397.303 Y267.101
N1840 X397.783 Y267.306
N1845 X398.743 Y267.593
N1850 X399.702 Y267.859
N1855 X400.182 Y267.983
N1860 X400.662 Y268.104
N1865 X401.142 Y268.193
N1870 X401.621 Y268.262
N1875 X402.101 Y268.318
N1880 X403.061 Y268.404
N1885 X403.54 Y268.445
N1890 X404.02 Y268.484
N1895 X404.98
N1900 X405.46 Y268.445
N1905 X405.939 Y268.404
N1910 X406.899 Y268.318
N1915 X407.379 Y268.262
N1920 X407.858 Y268.193
N1925 X408.338 Y268.104
N1930 X408.818 Y267.983
N1935 X409.298 Y267.859
N1940 X410.257 Y267.593
N1945 X411.71 Y267.237
N1950 X413.171 Y266.918
N1955 X414.645 Y266.662
N1960 X416.126 Y266.456
N1965 X417.612 Y266.291
N1970 X419.102 Y266.158
N1975 X420.594 Y266.051
N1980 X422.087 Y265.964
N1985 X423.581 Y265.894
N1990 X425.076 Y265.838
N1995 X426.57 Y265.792
N2000 X428.066 Y265.756
N2005 X429.561 Y265.726
N2010 X431.056 Y265.702
N2015 X432.552 Y265.682
N2020 X434.047 Y265.667
N2025 X435.543 Y265.654
N2030 X437.039 Y265.644
N2035 X438.534 Y265.635

N2040 X440.03 Y265.629
N2045 X441.525 Y265.623
N2050 X444.517 Y265.615
N2055 X447.508 Y265.61
N2060 X451.995 Y265.605
N2065 X459.473 Y265.602
N2070 X460.968 Y265.601
N2075 X483.403 Y265.6
N2080 X511.819
N2085 X522.412
N2090 X522.799 Y265.623
N2095 X523.18 Y265.691
N2100 X523.551 Y265.803
N2105 X523.906 Y265.957
N2110 X524.443 Y266.23
N2115 X524.923 Y266.463
N2120 X525.827 Y266.899
N2125 X526.362 Y267.124
N2130 X526.842 Y267.323
N2135 X527.802 Y267.608
N2140 X528.281 Y267.742
N2145 X528.761 Y267.875
N2150 X529.241 Y267.998
N2155 X529.721 Y268.114
N2160 X530.2 Y268.205
N2165 X530.68 Y268.267
N2170 X531.16 Y268.323
N2175 X532.12 Y268.41
N2180 X533.079 Y268.486
N2185 X533.559 Y268.484
N2190 X534.039 Y268.477
N2195 X534.518 Y268.441
N2200 X535.666 Y268.339
N2205 X535.958 Y268.312
N2210 X536.438 Y268.258
N2215 X536.917 Y268.182
N2220 X537.397 Y268.095
N2225 X538.357 Y267.843
N2230 X539.316 Y267.577
N2235 X540.769 Y267.223
N2240 X542.231 Y266.906
N2245 X543.705 Y266.652
N2250 X545.186 Y266.449
N2255 X546.673 Y266.285
N2260 X548.163 Y266.153
N2265 X549.655 Y266.047
N2270 X551.148 Y265.961
N2275 X552.642 Y265.892
N2280 X554.136 Y265.836
N2285 X555.631 Y265.791
N2290 X557.127 Y265.754
N2295 X558.622 Y265.725
N2300 X560.117 Y265.701
N2305 X561.613 Y265.682
N2310 X563.108 Y265.666
N2315 X564.604 Y265.653
N2320 X566.099 Y265.643
N2325 X567.595 Y265.635
N2330 X569.091 Y265.628
N2335 X570.586 Y265.623
N2340 X573.578 Y265.615
N2345 X576.569 Y265.61
N2350 X581.056 Y265.605
N2355 X588.534 Y265.602
N2360 X590.029 Y265.601
N2365 X612.464 Y265.6
N2370 X640.88
N2375 X651.401
N2380 X651.782 Y265.622
N2385 X652.158 Y265.698
N2390 X652.523 Y265.797
N2395 X652.874 Y265.947
N2400 X653.502 Y266.26
N2405 X654.941 Y266.955
N2410 X655.421 Y267.153
N2415 X655.901 Y267.346
N2420 X656.01 Y267.379
N2425 X656.86 Y267.624
N2430 X657.34 Y267.759
N2435 X657.82 Y267.891
N2440 X658.3 Y268.014
N2445 X658.78 Y268.124
N2450 X659.259 Y268.218
N2455 X659.739 Y268.274
N2460 X660.219 Y268.328

N2465 X661.178 Y268.415
N2470 X661.658 Y268.451
N2475 X662.138 Y268.485
N2480 X662.618 Y268.484
N2485 X663.097 Y268.47
N2490 X663.577 Y268.437
N2495 X664.658 Y268.339
N2500 X665.017 Y268.305
N2505 X665.496 Y268.255
N2510 X665.976 Y268.171
N2515 X666.456 Y268.084
N2520 X667.415 Y267.826
N2525 X668.375 Y267.561
N2530 X669.828 Y267.209
N2535 X671.291 Y266.895
N2540 X672.765 Y266.643
N2545 X674.247 Y266.442
N2550 X675.734 Y266.279
N2555 X677.224 Y266.148
N2560 X678.716 Y266.043
N2565 X680.209 Y265.958
N2570 X681.703 Y265.889
N2575 X683.198 Y265.834
N2580 X684.692 Y265.789
N2585 X686.188 Y265.753
N2590 X687.683 Y265.724
N2595 X689.178 Y265.7
N2600 X690.674 Y265.681
N2605 X692.169 Y265.665
N2610 X693.665 Y265.653
N2615 X695.161 Y265.643
N2620 X696.656 Y265.635
N2625 X698.152 Y265.628
N2630 X699.647 Y265.623
N2635 X702.639 Y265.615
N2640 X705.63 Y265.61
N2645 X710.117 Y265.605
N2650 X717.595 Y265.602
N2655 X719.09 Y265.601
N2660 X741.525 Y265.6
N2665 X769.941
N2670 X798.358
N2675 X799.852 Y265.527
N2680 X801.296 Y265.136
N2685 X802.55 Y264.322
N2690 X803.614 Y263.271
N2695 X804.505 Y262.069
N2700 X805.246 Y260.77
N2705 X805.859 Y259.406
N2710 X806.364 Y257.998
N2715 X806.779 Y256.561
N2720 X807.118 Y255.105
N2725 X807.396 Y253.635
N2730 X807.622 Y252.157
N2735 X807.806 Y250.673
N2740 X807.956 Y249.184
N2745 X808.078 Y247.694
N2750 X808.177 Y246.201
N2755 X808.257 Y244.708
N2760 X808.322 Y243.214
N2765 X808.375 Y241.719
N2770 X808.418 Y240.224
N2775 X808.453 Y238.729
N2780 X808.481 Y237.234
N2785 X808.503 Y235.738
N2790 X808.522 Y234.243
N2795 X808.537 Y232.747
N2800 X808.549 Y231.252
N2805 X808.559 Y229.756
N2810 X808.566 Y228.26
N2815 X808.573 Y226.765
N2820 X808.582 Y225.774
N2825 X808.588 Y220.782
N2830 X808.594 Y216.295
N2835 X808.597 Y210.313
N2840 X808.599 Y198.348
N2845 X808.494 Y196.856
N2850 X807.995 Y195.446
N2855 X807.126 Y194.229
N2860 X806.04 Y193.201
N2865 X804.817 Y192.374
N2870 X803.503 Y191.626
N2875 X802.129 Y191.035
N2880 X801.427 Y190.777
N2885 X800.835 Y190.542

N2890 X800.547 Y190.399
N2895 X800.309 Y190.257
N2900 X800.025 Y190.074
N2905 X799.695 Y189.756
N2910 X799.322 Y189.406
N2915 X798.908 Y188.924
N2920 X798.456 Y188.304
N2925 X797.969 Y187.507
N2930 X797.449 Y186.482
N2935 X796.901 Y185.143
N2940 X796.448 Y183.718
N2945 X796.086 Y182.267
N2950 X795.797 Y180.799
N2955 X795.565 Y179.322
N2960 X795.378 Y177.838
N2965 X795.244 Y176.502
N2970 X795.227 Y176.112
N2975 X795.257 Y175.724
N2980 X795.333 Y175.342
N2985 X795.453 Y174.971
N2990 X798.435 Y167.33
N2995 X798.496 Y167.193
N3000 X798.729 Y166.889
N3005 X799.044 Y166.541
N3010 X799.459 Y166.15
N3015 X800.258 Y165.51
N3020 X801.496 Y164.671
N3025 X802.7 Y163.784
N3030 X803.74 Y162.709
N3035 X804.61 Y161.492
N3040 X805.333 Y160.183
N3045 X805.931 Y158.812
N3050 X806.423 Y157.4
N3055 X806.827 Y155.96
N3060 X807.158 Y154.501
N3065 X807.428 Y153.03
N3070 X807.648 Y151.551
N3075 X807.828 Y150.066
N3080 X807.974 Y148.578
N3085 X808.092 Y147.087
N3090 X808.188 Y145.594
N3095 X808.267 Y144.101
N3100 X808.33 Y142.607
N3105 X808.334 Y142.474
N3110 X808.368 Y142.104
N3115 X808.443 Y141.741
N3120 X808.558 Y141.388
N3125 X814.447 Y126.299
N3130 G3 X814.919 Y125.681 I1.469 J0.633
N3135 G1 X815.041 Y125.583 Z-22.492
N3140 X815.163 Y125.486 Z-22.469
N3145 X815.282 Y125.392 Z-22.431
N3150 X815.398 Y125.299 Z-22.378
N3155 X815.509 Y125.211 Z-22.311
N3160 X815.614 Y125.127 Z-22.23
N3165 X815.712 Y125.048 Z-22.137
N3170 X815.803 Y124.976 Z-22.031
N3175 X815.886 Y124.91 Z-21.915
N3180 X815.959 Y124.852 Z-21.789
N3185 X816.022 Y124.801 Z-21.654
N3190 X816.075 Y124.76 Z-21.512
N3195 X816.116 Y124.727 Z-21.364
N3200 X816.146 Y124.703 Z-21.212
N3205 X816.164 Y124.689 Z-21.057
N3210 X816.17 Y124.684 Z-20.9
N3215 GO Z5.
N3220 G1 X798.628 Y169.691 F5000.
N3225 GO Z-19.3
N3230 G1 Z-20.9 F38250.
N3235 X798.627 Y169.684 Z-21.057
N3240 X798.623 Y169.661 Z-21.212
N3245 X798.617 Y169.623 Z-21.364
N3250 X798.609 Y169.571 Z-21.512
N3255 X798.598 Y169.505 Z-21.654
N3260 X798.584 Y169.425 Z-21.789
N3265 X798.569 Y169.333 Z-21.915
N3270 X798.552 Y169.229 Z-22.031
N3275 X798.533 Y169.114 Z-22.137
N3280 X798.512 Y168.99 Z-22.23
N3285 X798.49 Y168.857 Z-22.311
N3290 X798.467 Y168.717 Z-22.378
N3295 X798.443 Y168.571 Z-22.431
N3300 X798.418 Y168.421 Z-22.469
N3305 X798.392 Y168.267 Z-22.492
N3310 X798.367 Y168.113 Z-22.5

N3315 G3 X798.435 Y167.33 I1.561 J-0.259
N3320 G1 X808.558 Y141.388
N3325 G3 X809.03 Y140.77 I1.469 J0.633
N3330 G1 X809.153 Y140.672 Z-22.492
N3335 X809.274 Y140.575 Z-22.469
N3340 X809.394 Y140.481 Z-22.431
N3345 X809.509 Y140.388 Z-22.378
N3350 X809.62 Y140.3 Z-22.311
N3355 X809.725 Y140.216 Z-22.23
N3360 X809.824 Y140.137 Z-22.137
N3365 X809.915 Y140.065 Z-22.031
N3370 X809.998 Y139.999 Z-21.915
N3375 X810.071 Y139.941 Z-21.789
N3380 X810.134 Y139.891 Z-21.654
N3385 X810.186 Y139.849 Z-21.512
N3390 X810.228 Y139.816 Z-21.364
N3395 X810.258 Y139.792 Z-21.212
N3400 X810.276 Y139.778 Z-21.057
N3405 X810.282 Y139.773 Z-20.9
N3410 G0 Z5.
N3415 G1 X666.629 Y269.162 F5000.
N3420 G0 Z-19.3
N3425 G1 Z-20.9 F38250.
N3430 X666.634 Y269.156 Z-21.057
N3435 X666.65 Y269.139 Z-21.212
N3440 X666.675 Y269.111 Z-21.364
N3445 X666.711 Y269.072 Z-21.512
N3450 X666.757 Y269.023 Z-21.654
N3455 X666.812 Y268.964 Z-21.789
N3460 X666.875 Y268.895 Z-21.915
N3465 X666.947 Y268.818 Z-22.031
N3470 X667.026 Y268.732 Z-22.137
N3475 X667.112 Y268.644 Z-22.23
N3480 X667.203 Y268.541 Z-22.311
N3485 X667.299 Y268.437 Z-22.378
N3490 X667.4 Y268.328 Z-22.431
N3495 X667.503 Y268.216 Z-22.469
N3500 X667.609 Y268.102 Z-22.492
N3505 X667.715 Y267.987 Z-22.5
N3510 G3 X668.375 Y267.561 I1.162 J1.075
N3515 G1 X668.855 Y267.419
N3520 X668.983 Y267.379
N3525 X669.335 Y267.26
N3530 X669.814 Y267.057
N3535 X670.294 Y266.835
N3540 X670.774 Y266.61
N3545 X671.254 Y266.378
N3550 X671.733 Y266.144
N3555 X672.693 Y265.617
N3560 X672.93 Y265.46
N3565 X673.173 Y265.294
N3570 X673.652 Y264.946
N3575 X674.612 Y264.247
N3580 X674.914 Y264.02
N3585 X675.092 Y263.876
N3590 X675.533 Y263.533
N3595 X676.33 Y263.012
N3600 X677.345 Y262.459
N3605 X678.652 Y261.878
N3610 X680.063 Y261.381
N3615 X681.503 Y260.979
N3620 X682.963 Y260.652
N3625 X684.434 Y260.386
N3630 X685.914 Y260.169
N3635 X687.399 Y259.993
N3640 X688.888 Y259.848
N3645 X690.379 Y259.73
N3650 X691.871 Y259.634
N3655 X693.365 Y259.555
N3660 X694.859 Y259.491
N3665 X696.354 Y259.438
N3670 X697.849 Y259.395
N3675 X699.344 Y259.359
N3680 X700.839 Y259.33
N3685 X702.335 Y259.307
N3690 X703.83 Y259.287
N3695 X705.326 Y259.271
N3700 X706.821 Y259.258
N3705 X708.317 Y259.248
N3710 X709.813 Y259.239
N3715 X711.308 Y259.232
N3720 X712.804 Y259.226
N3725 X715.795 Y259.217
N3730 X718.786 Y259.212
N3735 X723.273 Y259.206

N3740 X724.769 Y259.205
N3745 X732.247 Y259.202
N3750 X750.194 Y259.2
N3755 X775.62
N3760 X777.115
N3765 X777.861 Y259.145
N3770 X778.732 Y259.088
N3775 X779.714 Y259.03
N3780 X780.838 Y258.972
N3785 X782.151 Y258.914
N3790 X783.646 Y258.86
N3795 X784.58 Y258.832
N3800 X786.168 Y258.791
N3805 X787.664 Y258.759
N3810 X789.159 Y258.734
N3815 X790.655 Y258.713
N3820 X792.135 Y258.501
N3825 X793.513 Y257.92
N3830 X794.744 Y257.069
N3835 X795.817 Y256.029
N3840 X796.742 Y254.853
N3845 X797.532 Y253.583
N3850 X798.202 Y252.246
N3855 X798.768 Y250.861
N3860 X799.244 Y249.444
N3865 X799.644 Y248.002
N3870 X799.978 Y246.545
N3875 X800.257 Y245.075
N3880 X800.49 Y243.598
N3885 X800.685 Y242.115
N3890 X800.846 Y240.628
N3895 X800.98 Y239.138
N3900 X801.091 Y237.647
N3905 X801.184 Y236.154
N3910 X801.26 Y234.661
N3915 X801.323 Y233.166
N3920 X801.376 Y231.672
N3925 X801.419 Y230.177
N3930 X801.455 Y228.681
N3935 X801.485 Y227.186
N3940 X801.509 Y225.691
N3945 X801.638 Y224.201
N3950 X801.744 Y222.709
N3955 X801.829 Y221.216
N3960 X801.899 Y219.722
N3965 X801.956 Y218.227
N3970 X802.002 Y216.732
N3975 X802.039 Y215.237
N3980 X802.069 Y213.742
N3985 X802.094 Y212.246
N3990 X802.114 Y210.751
N3995 X802.13 Y209.255
N4000 X802.143 Y207.76
N4005 X802.154 Y206.264
N4010 X801.977 Y204.779
N4015 X801.469 Y203.372
N4020 X800.763 Y202.054
N4025 X799.943 Y200.803
N4030 X799.06 Y199.596
N4035 X798.15 Y198.409
N4040 X797.238 Y197.223
N4045 X796.345 Y196.024
N4050 X795.485 Y194.8
N4055 X794.671 Y193.545
N4060 X793.908 Y192.259
N4065 X793.204 Y190.939
N4070 X792.565 Y189.587
N4075 X791.989 Y188.207
N4080 X791.594 Y187.128
N4085 X791.463 Y186.67
N4090 X791.4 Y186.198
N4095 X791.405 Y185.721
N4100 X791.478 Y185.25
N4105 X791.619 Y184.794
N4110 X795.453 Y174.971
N4115 G3 X795.925 Y174.353 I1.469 J0.633
N4120 G1 X796.047 Y174.255 Z-22.492
N4125 X796.169 Y174.159 Z-22.469
N4130 X796.288 Y174.064 Z-22.431
N4135 X796.404 Y173.971 Z-22.378
N4140 X796.515 Y173.883 Z-22.311
N4145 X796.62 Y173.799 Z-22.23
N4150 X796.719 Y173.72 Z-22.137
N4155 X796.81 Y173.648 Z-22.031
N4160 X796.892 Y173.582 Z-21.915

N4165 X796.965 Y173.524 Z-21.789
N4170 X797.028 Y173.474 Z-21.654
N4175 X797.081 Y173.432 Z-21.512
N4180 X797.122 Y173.399 Z-21.364
N4185 X797.152 Y173.375 Z-21.212
N4190 X797.17 Y173.361 Z-21.057
N4195 X797.176 Y173.356 Z-20.9
N4200 G0 Z5.
N4205 G1 X674.154 Y266.051 F5000.
N4210 G0 Z-19.3
N4215 G1 Z-20.9 F38250.
N4220 X674.156 Y266.044 Z-21.057
N4225 X674.164 Y266.022 Z-21.212
N4230 X674.176 Y265.986 Z-21.364
N4235 X674.193 Y265.936 Z-21.512
N4240 X674.214 Y265.872 Z-21.654
N4245 X674.24 Y265.795 Z-21.789
N4250 X674.27 Y265.707 Z-21.915
N4255 X674.303 Y265.607 Z-22.031
N4260 X674.341 Y265.497 Z-22.137
N4265 X674.381 Y265.377 Z-22.23
N4270 X674.424 Y265.249 Z-22.311
N4275 X674.469 Y265.115 Z-22.378
N4280 X674.516 Y264.975 Z-22.431
N4285 X674.565 Y264.83 Z-22.469
N4290 X674.614 Y264.683 Z-22.492
N4295 X674.664 Y264.535 Z-22.5
N4300 G3 X675.092 Y263.876 I1.5 J0.505
N4305 G1 X675.483 Y263.54
N4310 X675.572 Y263.456
N4315 X675.976 Y263.06
N4320 X676.891 Y262.1
N4325 X677.344 Y261.621
N4330 X677.491 Y261.456
N4335 X677.755 Y261.141
N4340 X677.97 Y260.86
N4345 X678.45 Y260.151
N4350 X678.923 Y259.509
N4355 X679.349 Y259.019
N4360 X679.895 Y258.484
N4365 X680.566 Y257.925
N4370 X681.409 Y257.33
N4375 X682.464 Y256.705
N4380 X683.795 Y256.056
N4385 X685.187 Y255.51
N4390 X686.612 Y255.056
N4395 X688.059 Y254.679
N4400 X689.522 Y254.364
N4405 X690.994 Y254.102
N4410 X692.474 Y253.884
N4415 X693.958 Y253.703
N4420 X695.446 Y253.551
N4425 X696.936 Y253.425
N4430 X698.428 Y253.32
N4435 X699.921 Y253.232
N4440 X701.415 Y253.159
N4445 X702.91 Y253.099
N4450 X704.404 Y253.048
N4455 X705.899 Y253.006
N4460 X707.395 Y252.971
N4465 X708.89 Y252.942
N4470 X710.385 Y252.918
N4475 X711.881 Y252.898
N4480 X713.376 Y252.881
N4485 X714.872 Y252.867
N4490 X716.368 Y252.856
N4495 X717.863 Y252.846
N4500 X719.359 Y252.838
N4505 X720.854 Y252.832
N4510 X723.846 Y252.822
N4515 X726.837 Y252.815
N4520 X731.324 Y252.808
N4525 X734.984 Y252.805
N4530 X735.407 Y252.832
N4535 X735.822 Y252.913
N4540 X736.223 Y253.046
N4545 X736.604 Y253.229
N4550 X736.959 Y253.459
N4555 X737.281 Y253.733
N4560 X737.498 Y253.943
N4565 X737.999 Y254.423
N4570 X738.422 Y254.777
N4575 X738.575 Y254.902
N4580 X738.902 Y255.159
N4585 X739.231 Y255.382

N4590 X740.341 Y256.112
N4595 X740.705 Y256.342
N4600 X740.821 Y256.414
N4605 X741.3 Y256.698
N4610 X741.78 Y256.93
N4615 X742.25 Y257.158
N4620 X743.219 Y257.557
N4625 X744.179 Y257.939
N4630 X744.659 Y258.096
N4635 X745.139 Y258.234
N4640 X745.256 Y258.262
N4645 X746.098 Y258.439
N4650 X746.578 Y258.539
N4655 X747.058 Y258.637
N4660 X747.534 Y258.728
N4665 X748.017 Y258.783
N4670 X748.497 Y258.834
N4675 X749.457 Y258.859
N4680 X750.416 Y258.878
N4685 X750.896 Y258.87
N4690 X751.376 Y258.853
N4695 X751.855 Y258.807
N4700 X752.335 Y258.738
N4705 X752.815 Y258.664
N4710 X753.295 Y258.582
N4715 X753.775 Y258.499
N4720 X754.734 Y258.307
N4725 X754.912 Y258.262
N4730 X755.214 Y258.165
N4735 X755.694 Y258.004
N4740 X756.297 Y257.782
N4745 X756.653 Y257.65
N4750 X757.133 Y257.465
N4755 X757.613 Y257.278
N4760 X758.092 Y257.088
N4765 X758.572 Y256.805
N4770 X759.052 Y256.539
N4775 X759.379 Y256.342
N4780 X760.37 Y255.81
N4785 X761.602 Y255.27
N4790 X763.016 Y254.782
N4795 X764.46 Y254.393
N4800 X765.923 Y254.03
N4805 X767.398 Y253.834
N4810 X768.88 X253.634
N4815 X770.367 Y253.473
N4820 X771.855 Y253.327
N4825 X773.345 Y253.193
N4830 X774.836 Y253.07
N4835 X776.327 Y252.96
N4840 X777.819 Y252.861
N4845 X779.312 Y252.773
N4850 X780.806 Y252.696
N4855 X782.207 Y252.172
N4860 X783.498 Y251.418
N4865 X784.746 Y250.593
N4870 X786.023 Y249.813
N4875 X787.342 Y249.109
N4880 X788.514 Y248.18
N4885 X789.538 Y247.089
N4890 X790.423 Y245.884
N4895 X791.181 Y244.595
N4900 X791.828 Y243.246
N4905 X792.376 Y241.855
N4910 X792.84 Y240.433
N4915 X793.231 Y238.989
N4920 X793.559 Y237.53
N4925 X793.835 Y236.06
N4930 X794.066 Y234.582
N4935 X794.26 Y233.099
N4940 X794.424 Y231.613
N4945 X794.581 Y230.125
N4950 X794.728 Y228.637
N4955 X794.864 Y227.148
N4960 X794.987 Y225.657
N4965 X795.097 Y224.166
N4970 X795.194 Y222.673
N4975 X795.28 Y221.18
N4980 X795.355 Y219.686
N4985 X795.421 Y218.192
N4990 X795.477 Y216.697
N4995 X795.526 Y215.203
N5000 X795.568 Y213.708
N5005 X795.523 Y212.213
N5010 X795.317 Y210.731

N5015 X794.972 Y209.276
N5020 X794.515 Y207.852
N5025 X793.971 Y206.459
N5030 X793.363 Y205.092
N5035 X792.711 Y203.746
N5040 X792.029 Y202.415
N5045 X791.332 Y201.092
N5050 X790.633 Y199.777
N5055 X789.942 Y198.443
N5060 X789.267 Y197.109
N5065 X788.614 Y195.763
N5070 X788.507 Y195.531
N5075 X788.351 Y195.119
N5080 X788.251 Y194.691
N5085 X788.209 Y194.252
N5090 X788.226 Y193.812
N5095 X788.301 Y193.378
N5100 X788.434 Y192.958
N5105 X791.619 Y184.794
N5110 G3 X792.091 Y184.177 I1.469 J0.633
N5115 G1 X792.214 Y184.079 Z-22.492
N5120 X792.335 Y183.982 Z-22.469
N5125 X792.454 Y183.887 Z-22.431
N5130 X792.57 Y183.795 Z-22.378
N5135 X792.681 Y183.706 Z-22.311
N5140 X792.786 Y183.623 Z-22.23
N5145 X792.885 Y183.544 Z-22.137
N5150 X792.976 Y183.471 Z-22.031
N5155 X793.058 Y183.406 Z-21.915
N5160 X793.132 Y183.347 Z-21.789
N5165 X793.195 Y183.297 Z-21.654
N5170 X793.247 Y183.255 Z-21.512
N5175 X793.289 Y183.222 Z-21.364
N5180 X793.318 Y183.198 Z-21.212
N5185 X793.336 Y183.184 Z-21.057
N5190 X793.342 Y183.179 Z-20.9
N5195 G0 Z5.
N5200 G1 X758.093 Y258.332 F5000.
N5205 G0 Z-19.3
N5210 G1 Z-20.9 F38250.
N5215 X758.097 Y258.325 Z-21.057
N5220 X758.108 Y258.305 Z-21.212
N5225 X758.126 Y258.271 Z-21.364
N5230 X758.15 Y258.224 Z-21.512
N5235 X758.182 Y258.165 Z-21.654
N5240 X758.22 Y258.094 Z-21.789
N5245 X758.264 Y258.012 Z-21.915
N5250 X758.314 Y257.919 Z-22.031
N5255 X758.369 Y257.816 Z-22.137
N5260 X758.428 Y257.705 Z-22.23
N5265 X758.492 Y257.586 Z-22.311
N5270 X758.559 Y257.461 Z-22.378
N5275 X758.629 Y257.331 Z-22.431
N5280 X758.701 Y257.196 Z-22.469
N5285 X758.774 Y257.059 Z-22.492
N5290 X758.848 Y256.921 Z-22.5
N5295 G3 X759.379 Y256.342 I1.395 J0.747
N5300 G1 X760.012 Y255.958
N5305 X760.971 Y255.343
N5310 X761.451 Y254.964
N5315 X761.931 Y254.55
N5320 X762.075 Y254.423
N5325 X762.89 Y253.693
N5330 X763.143 Y253.463
N5335 X763.37 Y253.239
N5340 X763.623 Y252.983
N5345 X764.036 Y252.503
N5350 X764.269 Y252.234
N5355 X764.766 Y251.746
N5360 X765.402 Y251.216
N5365 X766.214 Y250.642
N5370 X767.254 Y250.025
N5375 X768.597 Y249.369
N5380 X769.989 Y248.822
N5385 X771.413 Y248.364
N5390 X772.859 Y247.98
N5395 X774.292 Y247.551
N5400 X775.701 Y247.05
N5405 X777.092 Y246.5
N5410 X778.449 Y245.871
N5415 X779.726 Y245.093
N5420 X780.901 Y244.168
N5425 X781.963 Y243.115
N5430 X782.911 Y241.958
N5435 X783.748 Y240.719

N5440 X784.481 Y239.415
N5445 X785.118 Y238.062
N5450 X785.671 Y236.672
N5455 X786.152 Y235.256
N5460 X786.572 Y233.821
N5465 X786.939 Y232.371
N5470 X787.261 Y230.911
N5475 X787.542 Y229.441
N5480 X787.787 Y227.966
N5485 X788.002 Y226.486
N5490 X788.19 Y225.002
N5495 X788.354 Y223.515
N5500 X788.497 Y222.026
N5505 X788.621 Y220.536
N5510 X788.712 Y219.043
N5515 X788.726 Y217.548
N5520 X788.643 Y216.054
N5525 X788.462 Y214.57
N5530 X788.191 Y213.099
N5535 X787.84 Y211.645
N5540 X787.423 Y210.209
N5545 X786.953 Y208.789
N5550 X786.44 Y207.384
N5555 X785.896 Y205.991
N5560 X785.332 Y204.606
N5565 X785.093 Y204.026
N5570 X784.938 Y203.548
N5575 X784.858 Y203.052
N5580 X784.853 Y202.55
N5585 X784.925 Y202.053
N5590 X785.072 Y201.572
N5595 X788.434 Y192.958
N5600 G3 X788.906 Y192.34 I1.469 J0.633
N5605 G1 X789.028 Y192.242 Z-22.492
N5610 X789.15 Y192.145 Z-22.469
N5615 X789.269 Y192.05 Z-22.431
N5620 X789.384 Y191.958 Z-22.378
N5625 X789.495 Y191.87 Z-22.311
N5630 X789.601 Y191.786 Z-22.23
N5635 X789.699 Y191.707 Z-22.137
N5640 X789.79 Y191.635 Z-22.031
N5645 X789.873 Y191.569 Z-21.915
N5650 X789.946 Y191.511 Z-21.789
N5655 X790.009 Y191.46 Z-21.654
N5660 X790.062 Y191.419 Z-21.512
N5665 X790.103 Y191.386 Z-21.364
N5670 X790.133 Y191.362 Z-21.212
N5675 X790.151 Y191.347 Z-21.057
N5680 X790.157 Y191.343 Z-20.9
N5685 G0 Z5.
N5690 G1 X763.541 Y254.82 F5000.
N5695 G0 Z-19.3
N5700 G1 Z-20.9 F38250.
N5705 X763.542 Y254.812 Z-21.057
N5710 X763.545 Y254.789 Z-21.212
N5715 X763.55 Y254.751 Z-21.364
N5720 X763.557 Y254.699 Z-21.512
N5725 X763.565 Y254.632 Z-21.654
N5730 X763.576 Y254.552 Z-21.789
N5735 X763.588 Y254.46 Z-21.915
N5740 X763.601 Y254.355 Z-22.031
N5745 X763.616 Y254.24 Z-22.137
N5750 X763.632 Y254.115 Z-22.23
N5755 X763.649 Y253.981 Z-22.311
N5760 X763.667 Y253.84 Z-22.378
N5765 X763.686 Y253.694 Z-22.431
N5770 X763.706 Y253.543 Z-22.469
N5775 X763.725 Y253.388 Z-22.492
N5780 X763.745 Y253.233 Z-22.512
N5785 G3 X764.036 Y252.503 I1.57 J0.202
N5790 G1 X764.312 Y252.128
N5795 X765.144 Y251.064
N5800 X765.289 Y250.867
N5805 X765.795 Y250.104
N5810 X766.076 Y249.624
N5815 X766.249 Y249.292
N5820 X766.728 Y248.337
N5825 X767.019 Y247.824
N5830 X767.38 Y247.29
N5835 X767.91 Y246.631
N5840 X768.722 Y245.769
N5845 X769.832 Y244.767
N5850 X771.001 Y243.834
N5855 X772.164 Y242.894
N5860 X773.281 Y241.899

N5865 X774.329 Y240.831
N5870 X775.298 Y239.692
N5875 X776.182 Y238.486
N5880 X776.984 Y237.224
N5885 X777.705 Y235.913
N5890 X778.35 Y234.564
N5895 X779.925 Y233.183
N5900 X779.435 Y231.777
N5905 X779.885 Y230.351
N5910 X780.283 Y228.909
N5915 X780.633 Y227.455
N5920 X780.939 Y225.991
N5925 X781.199 Y224.518
N5930 X781.395 Y223.036
N5935 X781.514 Y221.545
N5940 X781.549 Y220.05
N5945 X781.497 Y218.555
N5950 X781.364 Y217.065
N5955 X781.156 Y215.584
N5960 X780.882 Y214.114
N5965 X780.846 Y213.955
N5970 X780.774 Y213.471
N5975 Y212.982
N5980 X780.847 Y212.498
N5985 X780.991 Y212.03
N5990 X785.072 Y201.572
N5995 G3 X785.544 Y200.955 I1.469 J0.633
N6000 G1 X785.666 Y200.857 Z-22.492
N6005 X785.788 Y200.76 Z-22.469
N6010 X785.907 Y200.665 Z-22.431
N6015 X786.023 Y200.573 Z-22.378
N6020 X786.134 Y200.484 Z-22.311
N6025 X786.229 Y200.4 Z-22.23
N6030 X786.328 Y200.322 Z-22.137
N6035 X786.428 Y200.249 Z-22.031
N6040 X786.511 Y200.184 Z-21.915
N6045 X786.584 Y200.125 Z-21.789
N6050 X786.647 Y200.075 Z-21.654
N6055 X786.7 Y200.033 Z-21.512
N6060 X786.741 Y200. Z-21.364
N6065 X786.771 Y199.976 Z-21.212
N6070 X786.789 Y199.962 Z-21.057
N6075 X786.795 Y199.957 Z-20.9
N6080 G0 Z5.
N6085 G1 X766.702 Y250.706 F5000.
N6090 G0 Z-19.3
N6095 G1 Z-20.9 F38250.
N6100 X766.701 Y250.698 Z-21.057
N6105 X766.7 Y250.675 Z-21.212
N6110 X766.697 Y250.637 Z-21.364
N6115 X766.693 Y250.584 Z-21.512
N6120 X766.688 Y250.517 Z-21.654
N6125 X766.683 Y250.437 Z-21.789
N6130 X766.676 Y250.343 Z-21.915
N6135 X766.669 Y250.238 Z-22.031
N6140 X766.66 Y250.122 Z-22.137
N6145 X766.651 Y249.996 Z-22.23
N6150 X766.642 Y249.862 Z-22.311
N6155 X766.632 Y249.72 Z-22.378
N6160 X766.621 Y249.573 Z-22.431
N6165 X766.61 Y249.421 Z-22.469
N6170 X766.599 Y249.266 Z-22.492
N6175 X766.588 Y249.11 Z-22.5
N6180 G3 X766.728 Y248.337 I1.579 J-0.113
N6185 G1 X766.805 Y248.184
N6190 X767.042 Y247.705
N6195 X767.255 Y247.225
N6200 X767.688 Y246.118
N6205 X780.991 Y212.03
N6210 G3 X781.463 Y211.412 I1.469 J0.633
N6215 G1 X781.925 Y211.314 Z-22.492
N6220 X781.707 Y211.217 Z-22.469
N6225 X781.826 Y211.123 Z-22.431
N6230 X781.942 Y211.03 Z-22.378
N6235 X782.053 Y210.942 Z-22.311
N6240 X782.158 Y210.858 Z-22.23
N6245 X782.257 Y210.779 Z-22.137
N6250 X782.348 Y210.707 Z-22.031
N6255 X782.43 Y210.641 Z-21.915
N6260 X782.503 Y210.583 Z-21.789
N6265 X782.566 Y210.533 Z-21.654
N6270 X782.619 Y210.491 Z-21.512
N6275 X782.66 Y210.458 Z-21.364
N6280 X782.69 Y210.434 Z-21.212
N6285 X782.708 Y210.42 Z-21.057

N6290 X782.714 Y210.415 Z-20.9
N6295 G0 Z5.
N6300 G1 X678.141 Y262.5 F5000.
N6305 G0 Z-19.3
N6310 G1 Z-20.9 F38250.
N6315 X678.142 Y262.492 Z-21.057
N6320 X678.143 Y262.469 Z-21.212
N6325 X678.145 Y262.431 Z-21.364
N6330 X678.147 Y262.378 Z-21.512
N6335 X678.151 Y262.311 Z-21.654
N6340 X678.154 Y262.231 Z-21.789
N6345 X678.159 Y262.137 Z-21.915
N6350 X678.164 Y262.032 Z-22.031
N6355 X678.17 Y261.916 Z-22.137
N6360 X678.176 Y261.79 Z-22.23
N6365 X678.182 Y261.655 Z-22.311
N6370 X678.189 Y261.514 Z-22.378
N6375 X678.196 Y261.366 Z-22.431
N6380 X678.204 Y261.214 Z-22.469
N6385 X678.211 Y261.059 Z-22.492
N6390 X678.219 Y260.902 Z-22.5
N6395 G3 X678.45 Y260.151 I1.581 J0.076
N6400 G1 X678.748 Y259.701
N6405 X679.063 Y259.221
N6410 X679.362 Y258.741
N6415 X679.638 Y258.262
N6420 X679.89 Y257.801
N6425 X680.112 Y257.302
N6430 X680.722 Y255.862
N6435 X680.926 Y255.397
N6440 X681.188 Y254.91
N6445 X681.521 Y254.396
N6450 X681.955 Y253.831
N6455 X682.485 Y253.243
N6460 X683.158 Y252.609
N6465 X683.985 Y251.947
N6470 X684.999 Y251.261
N6475 X686.262 Y250.547
N6480 X687.619 Y249.917
N6485 X689.015 Y249.382
N6490 X690.44 Y248.928
N6495 X691.623 Y248.612
N6500 X691.903 Y248.55
N6505 X692.188 Y248.512
N6510 X692.475 Y248.5
N6515 X732.185
N6520 X732.664 Y248.515
N6525 X732.904 Y248.568
N6530 X733.149 Y248.664
N6535 X733.387 Y248.808
N6540 X733.505 Y248.904
N6545 X733.624 Y249.02
N6550 X733.728 Y249.144
N6555 X734.018 Y249.624
N6560 X734.104 Y249.772
N6565 X734.321 Y250.104
N6570 X734.651 Y250.584
N6575 X734.984 Y251.064
N6580 X735.666 Y252.023
N6585 X736.023 Y252.46
N6590 X736.503 Y252.978
N6595 G3 X735.363 Y255.622 I-1.211 J1.046
N6600 G1 X682.308 Y257.977
N6605 G3 X680.722 Y255.862 I-0.071 J-1.598
N6610 G1 X680.849 Y255.529
N6615 X681.08 Y254.902
N6620 X681.208 Y254.423
N6625 X681.329 Y253.931
N6630 X681.438 Y253.463
N6635 X681.869 Y251.543
N6640 X684.976 Y251.064
N6645 X682.155 Y250.584
N6650 X682.288 Y250.307
N6655 X682.42 Y250.104
N6660 X682.571 Y249.881
N6665 X682.768 Y249.658
N6670 X682.8 Y249.624
N6675 X683.024 Y249.399
N6680 X683.248 Y249.227
N6685 X683.362 Y249.144
N6690 X683.545 Y249.022
N6695 X683.728 Y248.928
N6700 X684.207 Y248.722
N6705 X684.416 Y248.664
N6710 X684.687 Y248.597

N6715 X685.167 Y248.547
N6720 X685.647 Y248.516
N6725 X686.127 Y248.5
N6730 X692.475
N6735 G3 X693.222 Y248.715 I-0.056 J1.599
N6740 G1 X693.358 Y248.794 Z-22.492
N6745 X693.492 Y248.746 Z-22.469
N6750 X693.624 Y248.940 Z-22.431
N6755 X693.752 Y249.022 Z-22.378
N6760 X693.874 Y249.094 Z-22.311
N6765 X693.991 Y249.161 Z-22.223
N6770 X694.1 Y249.225 Z-22.137
N6775 X694.201 Y249.283 Z-22.031
N6780 X694.292 Y249.336 Z-21.915
N6785 X694.373 Y249.383 Z-21.789
N6790 X694.442 Y249.423 Z-21.654
N6795 X694.501 Y249.457 Z-21.512
N6800 X694.546 Y249.484 Z-21.364
N6805 X694.579 Y249.503 Z-21.212
N6810 X694.599 Y249.514 Z-21.057
N6815 X694.606 Y249.518 Z-20.9
N6820 G0 Z5.
N6825 G1 X537.572 Y269.181 F5000.
N6830 G0 Z-19.3
N6835 G1 Z-20.9 F38250.
N6840 X537.577 Y269.175 Z-21.057
N6845 X537.593 Y269.158 Z-21.212
N6850 X537.619 Y269.13 Z-21.364
N6855 X537.655 Y269.091 Z-21.512
N6860 X537.7 Y269.042 Z-21.654
N6865 X537.755 Y268.982 Z-21.789
N6870 X537.819 Y268.914 Z-21.915
N6875 X537.89 Y268.836 Z-22.031
N6880 X537.969 Y268.751 Z-22.137
N6885 X538.054 Y268.658 Z-22.23
N6890 X538.146 Y268.559 Z-22.311
N6895 X538.242 Y268.454 Z-22.378
N6900 X538.342 Y268.346 Z-22.431
N6905 X538.445 Y268.234 Z-22.469
N6910 X538.551 Y268.12 Z-22.492
N6915 X538.657 Y268.004 Z-22.5
N6920 G3 X539.316 Y267.577 I1.163 J1.073
N6925 G1 X539.796 Y267.434
N6930 X539.978 Y267.379
N6935 X540.276 Y267.283
N6940 X540.755 Y267.078
N6945 X541.235 Y266.862
N6950 X541.715 Y266.638
N6955 X542.195 Y266.406
N6960 X542.675 Y266.169
N6965 X543.154 Y265.915
N6970 X543.634 Y265.654
N6975 X544.114 Y265.332
N6980 X544.607 Y264.98
N6985 X545.553 Y264.29
N6990 X545.894 Y264.02
N6995 X546.596 Y263.484
N7000 X547.411 Y262.96
N7005 X548.45 Y262.404
N7010 X549.79 Y261.82
N7015 X551.205 Y261.335
N7020 X552.648 Y260.941
N7025 X554.109 Y260.621
N7030 X555.582 Y260.361
N7035 X557.062 Y260.149
N7040 X558.548 Y259.976
N7045 X560.037 Y259.835
N7050 X561.528 Y259.719
N7055 X563.021 Y259.625
N7060 X564.514 Y259.548
N7065 X566.008 Y259.484
N7070 X567.503 Y259.333
N7075 X568.998 Y259.391
N7080 X570.493 Y259.356
N7085 X571.989 Y259.328
N7090 X573.484 Y259.304
N7095 X574.98 Y259.285
N7100 X576.475 Y259.27
N7105 X577.971 Y259.257
N7110 X579.466 Y259.247
N7115 X580.962 Y259.238
N7120 X582.458 Y259.231
N7125 X583.953 Y259.226
N7130 X586.944 Y259.217
N7135 X589.936 Y259.211

N7140 X594.422 Y259.206
N7145 X595.918 Y259.205
N7150 X603.396 Y259.202
N7155 X621.344 Y259.2
N7160 X644.161
N7165 X644.613 Y259.231
N7170 X645.057 Y259.324
N7175 X645.483 Y259.477
N7180 X645.885 Y259.687
N7185 X646.254 Y259.95
N7190 X646.584 Y260.261
N7195 X646.868 Y260.614
N7200 X646.9 Y260.664
N7205 X647.245 Y261.141
N7210 X647.656 Y261.621
N7215 X648.109 Y262.1
N7220 X649.024 Y263.06
N7225 X649.184 Y263.222
N7230 X649.664 Y263.675
N7235 X650.144 Y264.06
N7240 X650.623 Y264.418
N7245 X651.583 Y265.118
N7250 X652.063 Y265.442
N7255 X652.542 Y265.744
N7260 X652.859 Y265.939
N7265 X652.874 Y265.947
N7270 G3 X653.446 Y266.473 I-0.763 J1.406
N7275 G1 X653.533 Y266.604 Z-22.492
N7280 X653.618 Y266.733 Z-22.469
N7285 X653.702 Y266.86 Z-22.431
N7290 X653.783 Y266.984 Z-22.378
N7295 X653.861 Y267.102 Z-22.311
N7300 X653.935 Y267.215 Z-22.23
N7305 X654.005 Y267.32 Z-22.137
N7310 X654.069 Y267.417 Z-22.031
N7315 X654.127 Y267.505 Z-21.915
N7320 X654.178 Y267.584 Z-21.789
N7325 X654.223 Y267.651 Z-21.654
N7330 X654.26 Y267.707 Z-21.512
N7335 X654.289 Y267.751 Z-21.364
N7340 X654.31 Y267.783 Z-21.212
N7345 X654.322 Y267.802 Z-21.057
N7350 X654.327 Y267.809 Z-20.9
N7355 G0 Z5.
N7360 G1 X544.939 Y266.188 F5000.
N7365 G0 Z-19.3
N7370 G1 Z-20.9 F38250.
N7375 X544.942 Y266.181 Z-21.057
N7380 X544.949 Y266.159 Z-21.212
N7385 X544.962 Y266.123 Z-21.364
N7390 X544.979 Y266.073 Z-21.512
N7395 X545.001 Y266.009 Z-21.654
N7400 X545.027 Y265.933 Z-21.789
N7405 X545.058 Y265.845 Z-21.915
N7410 X545.092 Y265.745 Z-22.031
N7415 X545.13 Y265.635 Z-22.137
N7420 X545.171 Y265.516 Z-22.23
N7425 X545.215 Y265.388 Z-22.311
N7430 X545.262 Y265.254 Z-22.378
N7435 X545.31 Y265.115 Z-22.431
N7440 X545.36 Y264.971 Z-22.469
N7445 X545.41 Y264.824 Z-22.492
N7450 X545.461 Y264.676 Z-22.5
N7455 G3 X545.894 Y264.02 I1.496 J0.516
N7460 G1 X546.513 Y263.497
N7465 X546.976 Y263.06
N7470 X547.952 Y262.036
N7475 X548.344 Y261.621
N7480 X548.432 Y261.525
N7485 X548.755 Y261.141
N7490 X548.912 Y260.929
N7495 X549.428 Y260.181
N7500 X549.604 Y259.917
N7505 X549.922 Y259.488
N7510 X550.356 Y258.993
N7515 X550.907 Y258.458
N7520 X551.586 Y257.896
N7525 X552.44 Y257.299
N7530 X553.508 Y256.673
N7535 X554.855 Y256.022
N7540 X556.25 Y255.482
N7545 X557.676 Y255.033
N7550 X559.124 Y254.66
N7555 X560.587 Y254.348
N7560 X562.06 Y254.089

N7565 X563.54 Y253.873
N7570 X565.025 Y253.694
N7575 X566.513 Y253.544
N7580 X568.003 Y253.419
N7585 X569.495 Y253.315
N7590 X570.989 Y253.228
N7595 X572.482 Y253.156
N7600 X573.977 Y253.096
N7605 X575.472 Y253.046
N7610 X576.967 Y253.004
N7615 X578.462 Y252.969
N7620 X579.957 Y252.941
N7625 X581.453 Y252.917
N7630 X582.948 Y252.897
N7635 X584.444 Y252.88
N7640 X585.939 Y252.867
N7645 X587.435 Y252.855
N7650 X588.93 Y252.846
N7655 X590.426 Y252.838
N7660 X591.922 Y252.831
N7665 X594.913 Y252.821
N7670 X597.904 Y252.815
N7675 X599.4 Y252.812
N7680 X603.886 Y252.807
N7685 X611.365 Y252.803
N7690 X624.825 Y252.8
N7695 X636.79
N7700 X638.286 Y252.803
N7705 X639.781 Y252.837
N7710 X641.273 Y252.939
N7715 X641.341 Y252.949
N7720 X641.779 Y253.039
N7725 X642.201 Y253.189
N7730 X642.598 Y253.394
N7735 X642.965 Y253.65
N7740 X643.293 Y253.954
N7745 X643.577 Y254.3
N7750 X643.812 Y254.681
N7755 X643.993 Y255.051
N7760 X644.099 Y255.382
N7765 X644.278 Y255.862
N7770 X644.685 Y256.822
N7775 X645.105 Y257.782
N7780 X645.349 Y258.262
N7785 X645.627 Y258.741
N7790 X645.826 Y259.051
N7795 X646.566 Y260.181
N7800 X646.868 Y260.614
N7805 G3 X647.118 Y261.35 I-1.344 J0.868
N7810 G1 X647.131 Y261.506 Z-22.492
N7815 X647.144 Y261.661 Z-22.469
N7820 X647.157 Y261.813 Z-22.431
N7825 X647.169 Y261.96 Z-22.378
N7830 X647.181 Y262.102 Z-22.311
N7835 X647.192 Y262.236 Z-22.23
N7840 X647.202 Y262.361 Z-22.137
N7845 X647.212 Y262.477 Z-22.031
N7850 X647.22 Y262.582 Z-21.915
N7855 X647.228 Y262.676 Z-21.789
N7860 X647.235 Y262.756 Z-21.654
N7865 X647.24 Y262.823 Z-21.512
N7870 X647.245 Y262.876 Z-21.364
N7875 X647.248 Y262.914 Z-21.212
N7880 X647.25 Y262.937 Z-21.057
N7885 Y262.944 Z-20.9
N7890 G0 Z5.
N7895 G1 X549.286 Y262.264 F5000.
N7900 G0 Z-19.3
N7905 G1 Z-20.9 F38250.
N7910 X562.257 Z-21.057
N7915 X549.287 Y262.234 Z-21.212
N7920 X549.289 Y262.196 Z-21.364
N7925 X549.292 Y262.143 Z-21.512
N7930 X549.296 Y262.076 Z-21.654
N7935 X549.3 Y261.995 Z-21.789
N7940 X549.305 Y261.902 Z-21.915
N7945 X549.31 Y261.796 Z-22.031
N7950 X549.316 Y261.68 Z-22.137
N7955 X549.323 Y261.554 Z-22.23
N7960 X549.33 Y261.42 Z-22.311
N7965 X549.337 Y261.278 Z-22.378
N7970 X549.345 Y261.13 Z-22.431
N7975 X549.353 Y260.978 Z-22.469
N7980 X549.361 Y260.823 Z-22.492
N7985 X549.37 Y260.667 Z-22.5

N7990 G3 X549.604 Y259.917 I1.58 J0.083
N7995 G1 X549.748 Y259.701
N8000 X550.063 Y259.221
N8005 X550.351 Y258.761
N8010 X550.831 Y257.926
N8015 X550.901 Y257.782
N8020 X551.315 Y256.822
N8025 X551.722 Y255.862
N8030 X552.018 Y255.235
N8035 X552.307 Y254.73
N8040 X552.663 Y254.21
N8045 X553.133 Y253.63
N8050 X553.701 Y253.033
N8055 X554.417 Y252.394
N8060 X555.305 Y251.721
N8065 X556.398 Y251.022
N8070 X557.719 Y250.32
N8075 X559.091 Y249.724
N8080 X560.498 Y249.218
N8085 X561.931 Y248.788
N8090 X562.677 Y248.6
N8095 X562.942 Y248.545
N8100 X563.212 Y248.511
N8105 X563.483 Y248.5
N8110 X638.149
N8115 X638.629 Y248.504
N8120 X639.589 Y248.53
N8125 X640.068 Y248.568
N8130 X640.308 Y248.596
N8135 X640.548 Y248.654
N8140 X640.584 Y248.664
N8145 X641.028 Y248.81
N8150 X641.508 Y249.054
N8155 X641.638 Y249.144
N8160 X641.987 Y249.409
N8165 X642.2 Y249.624
N8170 X642.467 Y249.933
N8175 X642.58 Y250.104
N8180 X642.733 Y250.344
N8185 X642.845 Y250.584
N8190 X642.947 Y250.825
N8195 X643.024 Y251.064
N8200 X643.562 Y253.463
N8205 X643.674 Y253.943
N8210 G0 Z5.
N8215 G1 X551.874 Y258.226 F5000.
N8220 G0 Z-19.3
N8225 G1 Z-20.9 F38250.
N8230 X551.873 Y258.219 Z-21.057
N8235 X551.87 Y258.196 Z-21.212
N8240 X551.864 Y258.158 Z-21.364
N8245 X551.856 Y258.106 Z-21.512
N8250 X551.847 Y258.039 Z-21.654
N8255 X551.835 Y257.959 Z-21.789
N8260 X551.821 Y257.867 Z-21.915
N8265 X551.806 Y257.763 Z-22.031
N8270 X551.789 Y257.648 Z-22.137
N8275 X551.77 Y257.523 Z-22.23
N8280 X551.751 Y257.39 Z-22.311
N8285 X551.73 Y257.249 Z-22.378
N8290 X551.708 Y257.103 Z-22.431
N8295 X551.686 Y256.952 Z-22.469
N8300 X551.663 Y256.799 Z-22.492
N8305 X551.641 Y256.643 Z-22.5
N8310 G3 X551.722 Y255.862 I1.566 J-0.231
N8315 G1 X551.79 Y255.697
N8320 X551.914 Y255.382
N8325 X552.082 Y254.902
N8330 X552.208 Y254.423
N8335 X552.326 Y253.943
N8340 X552.438 Y253.463
N8345 X552.869 Y251.543
N8350 X552.976 Y251.064
N8355 X553.155 Y250.584
N8360 X553.23 Y250.416
N8365 X553.42 Y250.104
N8370 X553.548 Y249.912
N8375 X553.709 Y249.72
N8380 X553.8 Y249.624
N8385 X553.995 Y249.425
N8390 X554.189 Y249.27
N8395 X554.362 Y249.144
N8400 X554.515 Y249.039
N8405 X554.669 Y248.956
N8410 X555.149 Y248.74

N8415 X555.416 Y248.664
N8420 X555.628 Y248.609
N8425 X556.108 Y248.552
N8430 X556.588 Y248.517
N8435 X557.068 Y248.5
N8440 X563.483
N8445 G3 X564.23 Y248.715 I=0.056 J1.599
N8450 G1 X564.366 Y248.794 Z=22.492
N8455 X564.5 Y248.872 Z=22.469
N8460 X564.632 Y248.948 Z=22.431
N8465 X564.76 Y249.022 Z=22.378
N8470 X564.882 Y249.094 Z=22.311
N8475 X564.999 Y249.161 Z=22.23
N8480 X565.108 Y249.225 Z=22.137
N8485 X565.209 Y249.283 Z=22.031
N8490 X565.3 Y249.336 Z=21.915
N8495 X565.381 Y249.383 Z=21.789
N8500 X565.45 Y249.423 Z=21.654
N8505 X565.509 Y249.457 Z=21.512
N8510 X565.554 Y249.484 Z=21.364
N8515 X565.587 Y249.503 Z=21.212
N8520 X565.607 Y249.514 Z=21.057
N8525 X565.614 Y249.518 Z=20.9
N8530 G0 Z5.
N8535 G1 X408.515 Y269.199 F5000.
N8540 G0 Z=19.3
N8545 G1 Z=20.9 F38250.
N8550 X408.52 Y269.193 Z=21.057
N8555 X408.536 Y269.176 Z=21.212
N8560 X408.562 Y269.148 Z=21.364
N8565 X408.598 Y269.109 Z=21.512
N8570 X408.643 Y269.06 Z=21.654
N8575 X408.698 Y269. Z=21.789
N8580 X408.761 Y268.931 Z=21.915
N8585 X408.833 Y268.854 Z=22.031
N8590 X408.911 Y268.768 Z=22.137
N8595 X408.997 Y268.675 Z=22.23
N8600 X409.088 Y268.576 Z=22.311
N8605 X409.184 Y268.472 Z=22.378
N8610 X409.284 Y268.363 Z=22.431
N8615 X409.387 Y268.251 Z=22.469
N8620 X409.492 Y268.137 Z=22.492
N8625 X409.599 Y268.021 Z=22.5
N8630 G3 X410.257 Y267.593 I1.165 J1.072
N8635 G1 X411.217 Y267.306
N8640 X411.697 Y267.101
N8645 X412.176 Y266.891
N8650 X412.656 Y266.667
N8655 X413.168 Y266.419
N8660 X413.616 Y266.199
N8665 X414.117 Y265.939
N8670 X414.575 Y265.685
N8675 X415.055 Y265.369
N8680 X415.535 Y265.032
N8685 X416.494 Y264.332
N8690 X416.899 Y264.02
N8695 X416.974 Y263.957
N8700 X417.696 Y263.418
N8705 X418.539 Y262.888
N8710 X419.612 Y262.329
N8715 X420.989 Y261.746
N8720 X422.408 Y261.275
N8725 X423.854 Y260.892
N8730 X425.317 Y260.582
N8735 X426.791 Y260.329
N8740 X428.273 Y260.123
N8745 X429.759 Y259.955
N8750 X431.248 Y259.817
N8755 X432.739 Y259.705
N8760 X434.232 Y259.613
N8765 X435.726 Y259.538
N8770 X437.22 Y259.477
N8775 X438.715 Y259.426
N8780 X440.21 Y259.385
N8785 X441.705 Y259.352
N8790 X443.201 Y259.324
N8795 X444.696 Y259.302
N8800 X446.192 Y259.283
N8805 X447.687 Y259.268
N8810 X449.183 Y259.256
N8815 X450.678 Y259.245
N8820 X452.174 Y259.237
N8825 X453.67 Y259.23
N8830 X455.165 Y259.225
N8835 X458.156 Y259.217

N8840 X461.148 Y259.211
N8845 X465.634 Y259.206
N8850 X467.13 Y259.205
N8855 X474.608 Y259.202
N8860 X492.556 Y259.2
N8865 X515.168
N8870 X515.168 Y259.232
N8875 X516.066 Y259.326
N8880 X516.494 Y259.48
N8885 X516.896 Y259.692
N8890 X517.266 Y259.957
N8895 X517.596 Y260.27
N8900 X517.879 Y260.626
N8905 X518.206 Y261.096
N8910 X518.243 Y261.141
N8915 X518.663 Y261.621
N8920 X519.109 Y262.1
N8925 X520.125 Y263.167
N8930 X520.512 Y263.54
N8935 X520.605 Y263.621
N8940 X521.097 Y264.02
N8945 X521.565 Y264.375
N8950 X522.524 Y265.075
N8955 X523.004 Y265.404
N8960 G3 X523.498 Y266.005 I=0.951 J1.287
N8965 G1 X523.565 Y266.146 Z=22.492
N8970 X523.632 Y266.287 Z=22.469
N8975 X523.697 Y266.424 Z=22.431
N8980 X523.761 Y266.558 Z=22.378
N8985 X523.822 Y266.686 Z=22.311
N8990 X523.879 Y266.808 Z=22.23
N8995 X523.933 Y266.922 Z=22.137
N9000 X523.983 Y267.027 Z=22.031
N9005 X524.029 Y267.122 Z=21.915
N9010 X524.069 Y267.206 Z=21.789
N9015 X524.103 Y267.279 Z=21.654
N9020 X524.132 Y267.34 Z=21.512
N9025 X524.155 Y267.388 Z=21.364
N9030 X524.171 Y267.443 Z=21.212
N9035 X524.181 Y267.443 Z=21.057
N9040 X524.184 Y267.45 Z=20.9
N9045 G0 Z5.
N9050 G1 X415.997 Y266.115 F5000.
N9055 G0 Z=19.3
N9060 G1 Z=20.9 F38250.
N9065 X415.999 Y266.108 Z=21.057
N9070 X416.007 Y266.086 Z=21.212
N9075 X416.02 Y266.051 Z=21.364
N9080 X416.038 Y266.001 Z=21.512
N9085 X416.06 Y265.937 Z=21.654
N9090 X416.088 Y265.861 Z=21.789
N9095 X416.119 Y265.773 Z=21.915
N9100 X416.154 Y265.674 Z=22.031
N9105 X416.194 Y265.564 Z=22.137
N9110 X416.236 Y265.446 Z=22.23
N9115 X416.281 Y265.319 Z=22.311
N9120 X416.329 Y265.185 Z=22.378
N9125 X416.379 Y265.046 Z=22.431
N9130 X416.43 Y264.902 Z=22.469
N9135 X416.482 Y264.756 Z=22.492
N9140 X416.535 Y264.609 Z=22.5
N9145 G3 X416.974 Y263.957 I1.49 J0.532
N9150 G1 X417.478 Y263.54
N9155 X417.934 Y263.105
N9160 X418.893 Y262.098
N9165 X419.373 Y261.572
N9170 X419.759 Y261.141
N9175 X419.853 Y261.014
N9180 X420.428 Y260.181
N9185 X420.604 Y259.917
N9190 X420.921 Y259.491
N9195 X421.358 Y258.992
N9200 X421.904 Y258.461
N9205 X422.586 Y257.897
N9210 X423.441 Y257.298
N9215 X424.51 Y256.672
N9220 X425.856 Y256.022
N9225 X427.251 Y255.482
N9230 X428.677 Y255.033
N9235 X430.125 Y254.659
N9240 X431.588 Y254.348
N9245 X433.061 Y254.089
N9250 X434.541 Y253.873
N9255 X436.026 Y253.693
N9260 X437.514 Y253.544

N9265 X439.005 Y253.419
N9270 X440.497 Y253.315
N9275 X441.99 Y253.228
N9280 X443.484 Y253.156
N9285 X444.978 Y253.096
N9290 X446.473 Y253.046
N9295 X447.968 Y253.004
N9300 X449.463 Y252.969
N9305 X450.958 Y252.941
N9310 X452.454 Y252.917
N9315 X453.949 Y252.897
N9320 X455.445 Y252.88
N9325 X456.94 Y252.867
N9330 X458.436 Y252.855
N9335 X459.931 Y252.846
N9340 X461.427 Y252.838
N9345 X462.923 Y252.831
N9350 X465.914 Y252.821
N9355 X468.905 Y252.815
N9360 X470.401 Y252.812
N9365 X474.888 Y252.807
N9370 X482.366 Y252.803
N9375 X495.826 Y252.8
N9380 X507.791
N9385 X509.287 Y252.803
N9390 X510.782 Y252.837
N9395 X512.274 Y252.939
N9400 X512.34 Y252.948
N9405 X512.779 Y253.039
N9410 X513.2 Y253.188
N9415 X513.598 Y253.393
N9420 X513.964 Y253.65
N9425 X514.293 Y253.954
N9430 X514.577 Y254.299
N9435 X514.811 Y254.68
N9440 X514.992 Y255.089
N9445 X515.099 Y255.382
N9450 X515.278 Y255.862
N9455 X515.688 Y256.822
N9460 X515.895 Y257.302
N9465 X516.105 Y257.782
N9470 X516.287 Y258.157
N9475 X516.342 Y258.262
N9480 X516.631 Y258.741
N9485 X516.767 Y258.962
N9490 X517.252 Y259.701
N9495 X517.572 Y260.181
N9500 X517.879 Y260.626
N9505 G3 X518.126 Y261.363 I=1.348 J0.862
N9510 G1 X518.139 Y261.519 Z=22.492
N9515 X518.151 Y261.674 Z=22.469
N9520 X518.163 Y261.826 Z=22.431
N9525 X518.174 Y261.973 Z=22.378
N9530 X518.186 Y262.115 Z=22.311
N9535 X518.196 Y262.249 Z=22.23
N9540 X518.206 Y262.375 Z=22.137
N9545 X518.215 Y262.491 Z=22.031
N9550 X518.223 Y262.596 Z=21.915
N9555 X518.231 Y262.689 Z=21.789
N9560 X518.237 Y262.77 Z=21.654
N9565 X518.242 Y262.836 Z=21.512
N9570 X518.246 Y262.889 Z=21.364
N9575 X518.249 Y262.927 Z=21.212
N9580 X518.251 Y262.95 Z=21.057
N9585 X518.252 Y262.958 Z=20.9
N9590 G0 Z5.
N9595 G1 X420.286 Y262.264 F5000.
N9600 G0 Z=19.3
N9605 G1 Z=20.9 F38250.
N9610 X420.257 Z=21.057
N9615 X420.287 Y262.234 Z=21.212
N9620 X420.289 Y262.196 Z=21.364
N9625 X420.292 Y262.143 Z=21.512
N9630 X420.296 Y262.076 Z=21.654
N9635 X420.3 Y261.995 Z=21.789
N9640 X420.305 Y261.902 Z=21.915
N9645 X420.31 Y261.796 Z=22.031
N9650 X420.316 Y261.68 Z=22.137
N9655 X420.323 Y261.554 Z=22.23
N9660 X420.33 Y261.42 Z=22.311
N9665 X420.337 Y261.278 Z=22.378
N9670 X420.345 Y261.13 Z=22.431
N9675 X420.353 Y260.978 Z=22.469
N9680 X420.361 Y260.823 Z=22.492
N9685 X420.37 Y260.667 Z=22.5

N9690 G3 X420.604 Y259.917 I1.58 J0.083
N9695 G1 X420.748 Y259.701
N9700 X421.063 Y259.221
N9705 X421.292 Y258.865
N9710 X421.772 Y258.045
N9715 X421.895 Y257.782
N9720 X422.252 Y256.969
N9725 X422.315 Y256.822
N9730 X422.722 Y255.862
N9735 X423.059 Y255.167
N9740 X423.359 Y254.657
N9745 X423.727 Y254.132
N9750 X424.209 Y253.55
N9755 X424.8 Y252.944
N9760 X425.534 Y252.303
N9765 X426.445 Y251.627
N9770 X427.571 Y250.925
N9775 X428.9 Y250.238
N9780 X430.277 Y249.655
N9785 X431.688 Y249.159
N9790 X433.123 Y248.738
N9795 X433.7 Y248.596
N9800 X433.96 Y248.543
N9805 X434.224 Y248.511
N9810 X434.489 Y248.5
N9815 X509.09
N9820 X509.57 Y248.504
N9825 X510.05 Y248.511
N9830 X510.53 Y248.52
N9835 X511.01 Y248.563
N9840 X511.249 Y248.586
N9845 X511.489 Y248.638
N9850 X511.584 Y248.664
N9855 X511.969 Y248.718
N9860 X512.449 Y249.085
N9865 X512.638 Y249.144
N9870 X512.929 Y249.359
N9875 X513.2 Y249.624
N9880 X513.408 Y249.854
N9885 X513.58 Y250.104
N9890 X513.733 Y250.344
N9895 X513.845 Y250.584
N9900 X513.888 Y250.685
N9905 X514.024 Y251.064
N9910 X514.562 Y253.463
N9915 X514.674 Y253.943
N9920 G0 Z5.
N9925 G1 X422.848 Y258.228 F5000.
N9930 G0 Z=19.3
N9935 G1 Z=20.9 F38250.
N9940 X422.847 Y258.22 Z=21.057
N9945 X422.844 Y258.197 Z=21.212
N9950 X422.839 Y258.159 Z=21.364
N9955 X422.831 Y258.107 Z=21.512
N9960 X422.822 Y258.041 Z=21.654
N9965 X422.812 Y257.961 Z=21.789
N9970 X422.799 Y257.868 Z=21.915
N9975 X422.785 Y257.763 Z=22.031
N9980 X422.769 Y257.648 Z=22.137
N9985 X422.752 Y257.523 Z=22.23
N9990 X422.734 Y257.39 Z=22.311
N9995 X422.715 Y257.249 Z=22.378
N10000 X422.695 Y257.103 Z=22.431
N10005 X422.674 Y256.952 Z=22.469
N10010 X422.653 Y256.798 Z=22.492
N10015 X422.632 Y256.642 Z=22.5
N10020 G3 X422.722 Y255.862 I1.568 J=0.214
N10025 G1 X422.731 Y255.841
N10030 X422.909 Y255.382
N10035 X423.071 Y254.902
N10040 X423.211 Y254.409
N10045 X423.326 Y253.943
N10050 X423.438 Y253.463
N10055 X423.868 Y251.543
N10060 X424.004 Y251.056
N10065 X424.185 Y250.563
N10070 X424.22 Y250.485
N10075 X424.315 Y250.295
N10080 X424.422 Y250.112
N10085 X424.541 Y249.936
N10090 G3 X426.016 Y250.789 I0.68 J0.527
N10095 G1 X425.51 Y252.028
N10100 G3 X423.868 Y251.543 I=0.796 J=0.325
N10105 G1 X423.976 Y251.064
N10110 X424.155 Y250.584

N10115 X424.171 Y250.546
N10120 X424.278 Y250.325
N10125 X424.42 Y250.104
N10130 X424.65 Y249.784
N10135 X424.8 Y249.624
N10140 X425.15 Y249.313
N10145 X425.362 Y249.144
N10150 X425.61 Y248.986
N10155 X426.09 Y248.761
N10160 X426.416 Y248.664
N10165 X426.57 Y248.622
N10170 X427.049 Y248.558
N10175 X427.529 Y248.514
N10180 X428.009 Y248.502
N10185 X428.968 Y248.5
N10190 X434.489
N10195 G3 X435.236 Y248.715 I=0.056 J1.599
N10200 G1 X435.372 Y248.794 Z=22.492
N10205 X435.506 Y248.872 Z=22.469
N10210 X435.638 Y248.948 Z=22.431
N10215 X435.766 Y249.022 Z=22.378
N10220 X435.889 Y249.094 Z=22.311
N10225 X436.005 Y249.161 Z=22.23
N10230 X436.114 Y249.225 Z=22.137
N10235 X436.215 Y249.283 Z=22.031
N10240 X436.306 Y249.336 Z=21.915
N10245 X436.387 Y249.383 Z=21.789
N10250 X436.457 Y249.423 Z=21.654
N10255 X436.515 Y249.457 Z=21.512
N10260 X436.561 Y249.484 Z=21.364
N10265 X436.594 Y249.503 Z=21.212
N10270 X436.614 Y249.514 Z=21.057
N10275 X436.62 Y249.518 Z=20.9
N10280 G0 Z5.
N10285 G1 X279.454 Y269.211 F5000.
N10290 G0 Z=19.3
N10295 G1 Z=20.9 F38250.
N10300 X279.459 Y269.205 Z=21.057
N10305 X279.475 Y269.188 Z=21.212
N10310 X279.501 Y269.16 Z=21.364
N10315 X279.536 Y269.121 Z=21.512
N10320 X279.582 Y269.072 Z=21.654
N10325 X279.637 Y269.013 Z=21.789
N10330 X279.7 Y268.944 Z=21.915
N10335 X279.772 Y268.867 Z=22.031
N10340 X279.851 Y268.781 Z=22.137
N10345 X279.936 Y268.688 Z=22.23
N10350 X280.028 Y268.59 Z=22.311
N10355 X280.124 Y268.485 Z=22.378
N10360 X280.224 Y268.377 Z=22.431
N10365 X280.327 Y268.265 Z=22.469
N10370 X280.433 Y268.151 Z=22.492
N10375 X280.539 Y268.035 Z=22.5
N10380 G3 X281.198 Y267.608 I1.163 J1.073
N10385 G1 X282.158 Y267.323
N10390 X282.638 Y267.124
N10395 X283.173 Y266.899
N10400 X284.168 Y266.619
N10405 X284.557 Y266.23
N10410 X285.129 Y265.939
N10415 X285.516 Y265.715
N10420 X285.996 Y265.404
N10425 X286.476 Y265.075
N10430 X287.435 Y264.375
N10435 X287.915 Y264.01
N10440 X288.814 Y263.353
N10445 X289.683 Y262.819
N10450 X290.791 Y262.255
N10455 X292.174 Y261.686
N10460 X293.597 Y261.226
N10465 X295.046 Y260.853
N10470 X296.51 Y260.55
N10475 X297.985 Y260.303
N10480 X299.467 Y260.102
N10485 X300.954 Y259.937
N10490 X302.444 Y259.803
N10495 X303.935 Y259.693
N10500 X305.428 Y259.604
N10505 X306.922 Y259.53
N10510 X308.416 Y259.47
N10515 X309.911 Y259.421
N10520 X311.406 Y259.381
N10525 X312.901 Y259.348
N10530 X314.397 Y259.321
N10535 X315.892 Y259.299

N10540 X317.388 Y259.281
N10545 X318.883 Y259.266
N10550 X320.379 Y259.254
N10555 X321.875 Y259.244
N10560 X323.37 Y259.236
N10565 X324.866 Y259.23
N10570 X327.857 Y259.22
N10575 X330.848 Y259.213
N10580 X335.335 Y259.207
N10585 X338.326 Y259.205
N10590 X347.3 Y259.201
N10595 X371.23 Y259.2
N10600 X386.163
N10605 X386.617 Y259.231
N10610 X387.063 Y259.325
N10615 X387.491 Y259.479
N10620 X387.895 Y259.691
N10625 X388.265 Y259.956
N10630 X388.595 Y260.269
N10635 X388.879 Y260.625
N10640 X389.147 Y261.014
N10645 X389.241 Y261.141
N10650 X389.627 Y261.572
N10655 X390.109 Y262.1
N10660 X391.066 Y263.105
N10665 X391.522 Y263.54
N10670 X392.101 Y264.02
N10675 X392.506 Y264.332
N10680 X393.465 Y265.032
N10685 X393.945 Y265.369
N10690 G3 X394.433 Y265.975 I=0.965 J1.276
N10695 G1 X394.499 Y266.117 Z=22.492
N10700 X394.564 Y266.258 Z=22.469
N10705 X394.628 Y266.396 Z=22.431
N10710 X394.689 Y266.53 Z=22.378
N10715 X394.749 Y266.659 Z=22.311
N10720 X394.805 Y266.782 Z=22.23
N10725 X394.858 Y266.896 Z=22.137
N10730 X394.907 Y267.002 Z=22.031
N10735 X394.951 Y267.097 Z=21.915
N10740 X394.991 Y267.182 Z=21.789
N10745 X395.024 Y267.256 Z=21.654
N10750 X395.053 Y267.317 Z=21.512
N10755 X395.075 Y267.365 Z=21.364
N10760 X395.091 Y267.399 Z=21.212
N10765 X395.1 Y267.42 Z=21.057
N10770 X395.104 Y267.427 Z=20.9
N10775 G0 Z5.
N10780 G1 X286.916 Y266.158 F5000.
N10785 G0 Z=19.3
N10790 G1 Z=20.9 F38250.
N10795 X286.919 Y266.151 Z=21.057
N10800 X286.927 Y266.129 Z=21.212
N10805 X286.94 Y266.093 Z=21.364
N10810 X286.958 Y266.044 Z=21.512
N10815 X286.981 Y265.981 Z=21.654
N10820 X287.009 Y265.905 Z=21.789
N10825 X287.042 Y265.817 Z=21.915
N10830 X287.078 Y265.718 Z=22.031
N10835 X287.118 Y265.609 Z=22.137
N10840 X287.162 Y265.491 Z=22.23
N10845 X287.208 Y265.364 Z=22.311
N10850 X287.258 Y265.231 Z=22.378
N10855 X287.309 Y265.092 Z=22.431
N10860 X287.361 Y264.95 Z=22.469
N10865 X287.415 Y264.804 Z=22.492
N10870 X287.469 Y264.657 Z=22.5
N10875 G3 X287.915 Y264.01 I1.485 J0.547
N10880 G1 X288.395 Y263.621
N10885 X288.489 Y263.54
N10890 X288.875 Y263.167
N10895 X289.891 Y262.1
N10900 X290.337 Y261.621
N10905 X290.757 Y261.141
N10910 X290.794 Y261.096
N10915 X291.097 Y260.661
N10920 X291.428 Y260.181
N10925 X291.604 Y259.917
N10930 X291.917 Y259.496
N10935 X292.357 Y258.993
N10940 X292.899 Y258.466
N10945 X293.585 Y257.899
N10950 X294.442 Y257.299
N10955 X295.512 Y256.673
N10960 X296.857 Y256.023

N10965 X298.252 Y255.483
N10970 X299.679 Y255.033
N10975 X301.127 Y254.66
N10980 X302.59 Y254.349
N10985 X304.063 Y254.09
N10990 X305.543 Y253.874
N10995 X307.028 Y253.694
N11000 X308.516 Y253.544
N11005 X310.006 Y253.419
N11010 X311.498 Y253.315
N11015 X312.991 Y253.228
N11020 X314.485 Y253.156
N11025 X315.979 Y253.096
N11030 X317.474 Y253.046
N11035 X318.969 Y253.004
N11040 X320.464 Y252.97
N11045 X321.96 Y252.941
N11050 X323.455 Y252.917
N11055 X324.951 Y252.897
N11060 X326.446 Y252.88
N11065 X327.942 Y252.867
N11070 X329.437 Y252.855
N11075 X330.933 Y252.846
N11080 X332.429 Y252.838
N11085 X333.924 Y252.831
N11090 X336.915 Y252.821
N11095 X339.907 Y252.815
N11100 X341.402 Y252.812
N11105 X345.889 Y252.807
N11110 X353.367 Y252.803
N11115 X366.828 Y252.8
N11120 X378.793
N11125 X380.288 Y252.803
N11130 X381.783 Y252.837
N11135 X383.276 Y252.939
N11140 X383.336 Y252.947
N11145 X383.778 Y253.039
N11150 X384.203 Y253.191
N11155 X384.604 Y253.399
N11160 X384.973 Y253.66
N11165 X385.303 Y253.969
N11170 X385.587 Y254.32
N11175 X385.821 Y254.707
N11180 X385.999 Y255.122
N11185 X386.091 Y255.382
N11190 X386.269 Y255.841
N11195 X386.685 Y256.822
N11200 X386.748 Y256.969
N11205 X387.105 Y257.782
N11210 X387.228 Y258.045
N11215 X387.708 Y258.865
N11220 X387.937 Y259.221
N11225 X388.252 Y259.701
N11230 X388.572 Y260.181
N11235 X388.879 Y260.625
N11240 G3 X389.126 Y261.363 I=1.348 J0.862
N11245 G1 X389.139 Y261.519 Z=22.492
N11250 X389.151 Y261.674 Z=22.469
N11255 X389.163 Y261.826 Z=22.431
N11260 X389.174 Y261.973 Z=22.378
N11265 X389.185 Y262.114 Z=22.311
N11270 X389.196 Y262.249 Z=22.23
N11275 X389.206 Y262.374 Z=22.137
N11280 X389.215 Y262.49 Z=22.031
N11285 X389.223 Y262.596 Z=21.915
N11290 X389.23 Y262.689 Z=21.789
N11295 X389.237 Y262.769 Z=21.654
N1300 X389.242 Y262.836 Z=21.512
N1305 X389.246 Y262.889 Z=21.364
N1310 X389.249 Y262.927 Z=21.212
N1315 X389.251 Y262.95 Z=21.057
N1320 X389.252 Y262.958 Z=20.9
N1325 G0 Z5
N1330 G1 X291.286 Y262.264 F5000.
N1335 G0 Z=19.3
N1340 G1 Z=20.9 F38250.
N1345 Y262.257 Z=21.057
N1350 X291.287 Y262.234 Z=21.212
N1355 X291.289 Y262.196 Z=21.364
N1360 X291.292 Y262.143 Z=21.512
N1365 X291.296 Y262.076 Z=21.654
N1370 X291.3 Y261.995 Z=21.789
N1375 X291.305 Y261.902 Z=21.915
N1380 X291.31 Y261.796 Z=22.031
N1385 X291.316 Y261.68 Z=22.137

N11390 X291.323 Y261.554 Z=22.23
N11395 X291.33 Y261.42 Z=22.311
N11400 X291.337 Y261.278 Z=22.378
N11405 X291.345 Y261.13 Z=22.431
N11410 X291.353 Y260.978 Z=22.469
N11415 X291.361 Y260.823 Z=22.492
N11420 X291.37 Y260.667 Z=22.5
N11425 G3 X291.604 Y259.917 I1.58 J0.803
N11430 G1 X291.753 Y259.693
N11435 X292.233 Y258.962
N11440 X292.369 Y258.741
N11445 X292.658 Y258.262
N11450 X292.713 Y258.157
N11455 X292.895 Y257.782
N11460 X293.193 Y257.103
N11465 X293.315 Y256.822
N11470 X293.722 Y256.862
N11475 X293.909 Y255.429
N11480 X294.161 Y254.953
N11485 X294.49 Y254.436
N11490 X294.91 Y253.881
N11495 X295.435 Y253.292
N11500 X296.098 Y252.659
N11505 X296.902 Y252.006
N11510 X297.899 Y251.321
N11515 X299.139 Y250.609
N11520 X300.491 Y249.97
N11525 X301.885 Y249.427
N11530 X303.308 Y248.966
N11535 X304.6 Y248.615
N11540 X304.885 Y248.551
N11545 X305.173 Y248.513
N11550 X305.465 Y248.5
N11555 X380.032
N11560 X380.991 Y248.502
N11565 X381.471 Y248.514
N11570 X381.951 Y248.558
N11575 X382.43 Y248.622
N11580 X382.584 Y248.664
N11585 X382.91 Y248.761
N11590 X383.39 Y248.986
N11595 X383.638 Y249.144
N11600 X383.87 Y249.313
N11605 X384.2 Y249.624
N11610 X384.35 Y249.784
N11615 X384.58 Y250.104
N11620 X384.722 Y250.325
N11625 X384.829 Y250.546
N11630 X384.845 Y250.584
N11635 X385.024 Y251.064
N11640 X385.562 Y253.463
N11645 X385.674 Y253.943
N11650 X385.792 Y254.423
N11655 X385.922 Y254.902
N11660 X385.999 Y255.122
N11665 G3 X386.044 Y255.898 I=1.527 J0.478
N11670 G1 X386.015 Y256.052 Z=22.492
N11675 X385.986 Y256.205 Z=22.469
N11680 X385.958 Y256.354 Z=22.431
N11685 X385.93 Y256.499 Z=22.378
N11690 X385.904 Y256.639 Z=22.311
N11695 X385.878 Y256.771 Z=22.23
N11700 X385.855 Y256.895 Z=22.137
N11705 X385.833 Y257.009 Z=22.031
N11710 X385.814 Y257.113 Z=21.915
N11715 X385.796 Y257.205 Z=21.789
N11720 X385.781 Y257.284 Z=21.654
N11725 X385.769 Y257.35 Z=21.512
N11730 X385.759 Y257.402 Z=21.364
N11735 X385.752 Y257.44 Z=21.212
N11740 X385.747 Y257.462 Z=21.057
N11745 X385.746 Y257.47 Z=20.9
N11750 G0 Z5
N11755 G1 X293.953 Y258.22 F5000.
N11760 G0 Z=19.3
N11765 G1 Z=20.9 F38250.
N11770 X293.951 Y258.212 Z=21.057
N11775 X293.947 Y258.19 Z=21.212
N11780 X293.94 Y258.152 Z=21.364
N11785 X293.931 Y258.1 Z=21.512
N11790 X293.919 Y258.034 Z=21.654
N11795 X293.905 Y257.955 Z=21.789
N11800 X293.888 Y257.863 Z=21.915
N11805 X293.869 Y257.759 Z=22.031
N11810 X293.848 Y257.644 Z=22.137

NI1815 X293.826 Y257.52 Z-22.23
NI1820 X293.802 Y257.388 Z-22.311
NI1825 X293.776 Y257.248 Z-22.378
NI1830 X293.75 Y257.103 Z-22.431
NI1835 X293.722 Y256.953 Z-22.469
NI1840 X293.695 Y256.8 Z-22.492
NI1845 X293.667 Y256.646 Z-22.5
NI1850 G3 X293.722 Y255.862 I1.557 J-0.283
NI1855 G1 X293.901 Y255.382
NI1860 X294.076 Y254.902
NI1865 X294.152 Y254.649
NI1870 X294.326 Y253.943
NI1875 X294.438 Y253.463
NI1880 X294.869 Y251.543
NI1885 X294.976 Y251.064
NI1890 X295.112 Y250.685
NI1895 X295.155 Y250.584
NI1900 X295.267 Y250.344
NI1905 X295.42 Y250.104
NI1910 X295.592 Y249.854
NI1915 X295.8 Y249.624
NI1920 X296.071 Y249.359
NI1925 X296.362 Y249.144
NI1930 X296.551 Y249.018
NI1935 X297.031 Y248.785
NI1940 X297.416 Y248.664
NI1945 X297.511 Y248.638
NI1950 X297.751 Y248.586
NI1955 X297.99 Y248.563
NI1960 X298.47 Y248.52
NI1965 X298.95 Y248.511
NI1970 X299.43 Y248.504
NI1975 X299.91 Y248.5
NI1980 X305.465
NI1985 G3 X306.212 Y248.715 I-0.056 J1.599
NI1990 G1 X306.347 Y248.794 Z-22.492
NI1995 X306.482 Y248.872 Z-22.469
NI2000 X306.624 Y248.948 Z-22.431
NI2005 X306.741 Y249.022 Z-22.378
NI2010 X306.864 Y249.094 Z-22.311
NI2015 X306.981 Y249.161 Z-22.23
NI2020 X307.09 Y249.225 Z-22.137
NI2025 X307.19 Y249.283 Z-22.031
NI2030 X307.282 Y249.336 Z-21.915
NI2035 X307.363 Y249.383 Z-21.789
NI2040 X307.432 Y249.423 Z-21.654
NI2045 X307.49 Y249.457 Z-21.512
NI2050 X307.536 Y249.484 Z-21.364
NI2055 X307.569 Y249.503 Z-21.212
NI2060 X307.589 Y249.514 Z-21.057
NI2065 X307.596 Y249.518 Z-20.9
NI2070 G0 Z5.
NI2075 G1 X150.382 Y269.213 F5000.
NI2080 G0 Z-19.3
NI2085 G1 Z-20.9 F38250.
NI2090 X150.387 Y269.207 Z-21.057
NI2095 X150.403 Y269.19 Z-21.212
NI2100 X150.429 Y269.162 Z-21.364
NI2105 X150.466 Y269.124 Z-21.512
NI2110 X150.511 Y269.075 Z-21.654
NI2115 X150.567 Y269.016 Z-21.789
NI2120 X150.631 Y268.948 Z-21.915
NI2125 X150.703 Y268.871 Z-22.031
NI2130 X150.782 Y268.786 Z-22.137
NI2135 X150.869 Y268.694 Z-22.23
NI2140 X150.961 Y268.596 Z-22.311
NI2145 X151.058 Y268.492 Z-22.378
NI2150 X151.159 Y268.385 Z-22.431
NI2155 X151.263 Y268.273 Z-22.469
NI2160 X151.37 Y268.16 Z-22.492
NI2165 X151.477 Y268.046 Z-22.5
NI2170 G3 X152.14 Y267.624 I1.154 J1.083
NI2175 G1 X152.99 Y267.379
NI2180 X153.099 Y267.346
NI2185 X153.579 Y267.153
NI2190 X154.059 Y266.955
NI2195 X155.498 Y266.26
NI2200 X156.141 Y265.939
NI2205 X156.458 Y265.744
NI2210 X156.937 Y265.442
NI2215 X157.417 Y265.118
NI2220 X158.377 Y264.418
NI2225 X158.856 Y264.06
NI2230 X158.907 Y264.02
NI2235 X159.861 Y263.328

NI2240 X160.742 Y262.793
NI2245 X161.864 Y262.227
NI2250 X163.25 Y261.664
NI2255 X164.674 Y261.208
NI2260 X166.124 Y260.839
NI2265 X167.589 Y260.538
NI2270 X169.064 Y260.294
NI2275 X170.546 Y260.094
NI2280 X172.033 Y259.931
NI2285 X173.523 Y259.798
NI2290 X175.014 Y259.689
NI2295 X176.507 Y259.6
NI2300 X178.001 Y259.528
NI2305 X179.496 Y259.468
NI2310 X180.99 Y259.419
NI2315 X182.486 Y259.38
NI2320 X183.981 Y259.347
NI2325 X185.476 Y259.32
NI2330 X186.972 Y259.298
NI2335 X188.467 Y259.281
NI2340 X189.963 Y259.266
NI2345 X191.458 Y259.254
NI2350 X192.954 Y259.244
NI2355 X194.449 Y259.236
NI2360 X195.945 Y259.229
NI2365 X198.936 Y259.22
NI2370 X201.928 Y259.213
NI2375 X206.414 Y259.207
NI2380 X209.406 Y259.205
NI2385 X218.379 Y259.201
NI2390 X242.309 Y259.2
NI2395 X257.163
NI2400 X257.617 Y259.231
NI2405 X258.063 Y259.325
NI2410 X258.491 Y259.479
NI2415 X258.895 Y259.691
NI2420 X259.265 Y259.956
NI2425 X259.595 Y260.269
NI2430 X259.879 Y260.629
NI2435 X260.088 Y260.929
NI2440 X260.245 Y261.141
NI2445 X260.568 Y261.525
NI2450 X260.656 Y261.621
NI2455 X261.109 Y262.1
NI2460 X262.024 Y263.06
NI2465 X262.487 Y263.497
NI2470 X263.106 Y264.02
NI2475 X263.447 Y264.29
NI2480 X264.406 Y264.989
NI2485 X264.67 Y265.178
NI2490 G3 X265.153 Y265.787 I-0.975 J1.268
NI2495 G1 X265.218 Y265.93 Z-22.492
NI2500 X265.281 Y266.072 Z-22.469
NI2505 X265.344 Y266.211 Z-22.431
NI2510 X265.405 Y266.345 Z-22.378
NI2515 X265.463 Y266.475 Z-22.311
NI2520 X265.519 Y266.597 Z-22.23
NI2525 X265.571 Y266.712 Z-22.137
NI2530 X265.619 Y266.818 Z-22.031
NI2535 X265.662 Y266.914 Z-21.915
NI2540 X265.701 Y267. Z-21.789
NI2545 X265.734 Y267.073 Z-21.654
NI2550 X265.762 Y267.134 Z-21.512
NI2555 X265.783 Y267.183 Z-21.364
NI2560 X265.799 Y267.217 Z-21.212
NI2565 X265.809 Y267.238 Z-21.057
NI2570 X265.812 Y267.245 Z-20.9
NI2575 G0 Z5.
NI2580 G1 X157.899 Y266.164 F5000.
NI2585 G0 Z-19.3
NI2590 G1 Z-20.9 F38250.
NI2595 X157.902 Y266.156 Z-21.057
NI2600 X157.91 Y266.135 Z-21.212
NI2605 X157.923 Y266.099 Z-21.364
NI2610 X157.942 Y266.049 Z-21.512
NI2615 X157.965 Y265.987 Z-21.654
NI2620 X157.994 Y265.911 Z-21.789
NI2625 X158.026 Y265.823 Z-21.915
NI2630 X158.063 Y265.725 Z-22.031
NI2635 X158.104 Y265.616 Z-22.137
NI2640 X158.148 Y265.497 Z-22.23
NI2645 X158.195 Y265.371 Z-22.311
NI2650 X158.245 Y265.238 Z-22.378
NI2655 X158.296 Y265.1 Z-22.431
NI2660 X158.35 Y264.957 Z-22.469

NI2665 X158.404 Y264.812 Z-22.492
NI2670 X158.459 Y264.665 Z-22.5
NI2675 G3 X158.907 Y264.02 I1.483 J0.553
NI2680 G1 X159.336 Y263.675
NI2685 X159.816 Y263.222
NI2690 X159.976 Y262.963
NI2695 X160.891 Y262.1
NI2700 X161.344 Y261.621
NI2705 X161.755 Y261.141
NI2710 X162.1 Y260.661
NI2715 X162.434 Y260.181
NI2720 X162.577 Y259.962
NI2725 X162.88 Y259.547
NI2730 X163.308 Y259.05
NI2735 X163.838 Y258.526
NI2740 X164.51 Y257.961
NI2745 X165.349 Y257.363
NI2750 X166.389 Y256.742
NI2755 X167.705 Y256.093
NI2760 X169.095 Y255.541
NI2765 X170.518 Y255.082
NI2770 X171.964 Y254.7
NI2775 X173.426 Y254.382
NI2780 X174.898 Y254.117
NI2785 X176.377 Y253.897
NI2790 X177.861 Y253.713
NI2795 X179.349 Y253.56
NI2800 X180.839 Y253.432
NI2805 X182.331 Y253.326
NI2810 X183.824 Y253.238
NI2815 X185.318 Y253.164
NI2820 X186.812 Y253.102
NI2825 X188.307 Y253.051
NI2830 X189.802 Y253.009
NI2835 X191.297 Y252.973
NI2840 X192.793 Y252.944
NI2845 X194.288 Y252.919
NI2850 X195.783 Y252.899
NI2855 X197.279 Y252.882
NI2860 X198.775 Y252.868
NI2865 X200.27 Y252.856
NI2870 X201.766 Y252.847
NI2875 X203.261 Y252.839
NI2880 X204.757 Y252.832
NI2885 X207.748 Y252.822
NI2890 X210.739 Y252.815
NI2895 X212.235 Y252.812
NI2900 X216.722 Y252.807
NI2905 X222.704 Y252.803
NI2910 X234.669 Y252.801
NI2915 X249.625 Y252.8
NI2920 X251.121 Y252.801
NI2925 X252.616 Y252.829
NI2930 X254.109 Y252.922
NI2935 X254.303 Y252.947
NI2940 X254.75 Y253.036
NI2945 X255.182 Y253.186
NI2950 X255.588 Y253.395
NI2955 X255.961 Y253.657
NI2960 X256.295 Y253.968
NI2965 X256.583 Y254.323
NI2970 X256.819 Y254.714
NI2975 X256.999 Y255.133
NI2980 X257.086 Y255.382
NI2985 X257.21 Y255.697
NI2990 X257.278 Y255.862
NI2995 X257.69 Y256.834
NI3000 X258.099 Y257.782
NI3005 X258.169 Y257.926
NI3010 X258.649 Y258.761
NI3015 X259.937 Y259.221
NI3020 X259.252 Y259.701
NI3025 X259.572 Y260.181
NI3030 X259.879 Y260.625
NI3035 G3 X260.126 Y261.363 I-1.348 J0.862
NI3040 G1 X260.139 Y261.519 Z-22.492
NI3045 X260.151 Y261.674 Z-22.469
NI3050 X260.163 Y261.826 Z-22.431
NI3055 X260.174 Y261.973 Z-22.378
NI3060 X260.185 Y262.114 Z-22.311
NI3065 X260.196 Y262.249 Z-22.23
NI3070 X260.206 Y262.374 Z-22.137
NI3075 X260.215 Y262.479 Z-22.031
NI3080 X260.223 Y262.596 Z-21.915
NI3085 X260.23 Y262.689 Z-21.789

NI3090 X260.237 Y262.769 Z-21.654
NI3095 X260.242 Y262.836 Z-21.512
NI3100 X260.246 Y262.889 Z-21.364
NI3105 X260.249 Y262.927 Z-21.212
NI3110 X260.251 Y262.95 Z-21.057
NI3115 X260.252 Y262.958 Z-20.9
NI3120 G0 Z5
NI3125 G1 X162.279 Y262.312 F5000.
NI3130 G0 Z-19.3
NI3135 G1 Z-20.9 F38250.
NI3140 Y262.304 Z-21.057
NI3145 X162.28 Y262.281 Z-21.212
NI3150 X162.282 Y262.243 Z-21.364
NI3155 X162.284 Y262.19 Z-21.512
NI3160 X162.287 Y262.123 Z-21.654
NI3165 X162.29 Y262.043 Z-21.789
NI3170 X162.295 Y261.949 Z-21.915
NI3175 X162.299 Y261.844 Z-22.031
NI3180 X162.304 Y261.728 Z-22.137
NI3185 X162.31 Y261.602 Z-22.23
NI3190 X162.316 Y261.467 Z-22.311
NI3195 X162.322 Y261.325 Z-22.378
NI3200 X162.329 Y261.178 Z-22.431
NI3205 X162.335 Y261.026 Z-22.469
NI3210 X162.342 Y260.87 Z-22.492
NI3215 X162.349 Y260.714 Z-22.5
NI3220 G3 X162.577 Y259.962 I1.581 J0.07
NI3225 G1 X163.174 Y259.051
NI3230 X163.373 Y258.741
NI3235 X163.654 Y258.256
NI3240 X163.895 Y257.782
NI3245 X164.315 Y256.822
NI3250 X164.722 Y255.862
NI3255 X164.906 Y255.435
NI3260 X165.163 Y254.95
NI3265 X165.487 Y254.441
NI3270 X165.913 Y253.878
NI3275 X166.433 Y253.295
NI3280 X167.094 Y252.663
NI3285 X167.906 Y252.004
NI3290 X168.901 Y251.321
NI3295 X170.14 Y250.609
NI3300 X171.493 Y249.97
NI3305 X172.882 Y249.427
NI3310 X174.309 Y248.966
NI3315 X175.601 Y248.615
NI3320 X175.885 Y248.551
NI3325 X176.174 Y248.513
NI3330 X176.466 Y248.5
NI3335 X251.932
NI3340 X252.412 Y248.517
NI3345 X252.892 Y248.552
NI3350 X253.372 Y248.609
NI3355 X253.584 Y248.664
NI3360 X253.851 Y248.74
NI3365 X254.331 Y248.956
NI3370 X254.485 Y249.039
NI3375 X254.638 Y249.144
NI3380 X254.811 Y249.27
NI3385 X255.005 Y249.425
NI3390 X255.2 Y249.624
NI3395 X255.291 Y249.742
NI3400 X255.452 Y249.912
NI3405 X255.58 Y250.104
NI3410 X255.77 Y250.416
NI3415 X255.845 Y250.584
NI3420 X256.024 Y251.064
NI3425 X256.562 Y251.463
NI3430 X256.674 Y251.943
NI3435 X256.795 Y252.423
NI3440 X256.816 Y252.902
NI3445 X256.999 Y255.133
NI3450 G3 X257.042 Y255.91 I-1.528 J0.474
NI3455 G1 X257.012 Y256.064 Z-22.492
NI3460 X256.983 Y256.216 Z-22.469
NI3465 X256.954 Y256.366 Z-22.431
NI3470 X256.926 Y256.511 Z-22.378
NI3475 X256.899 Y256.65 Z-22.311
NI3480 X256.874 Y256.782 Z-22.23
NI3485 X256.85 Y256.906 Z-22.137
NI3490 X256.828 Y257.021 Z-22.031
NI3495 X256.808 Y257.124 Z-21.915
NI3500 X256.79 Y257.216 Z-21.789
NI3505 X256.775 Y257.295 Z-21.654
NI3510 X256.762 Y257.361 Z-21.512

N13515 X256.752 Y257.413 Z-21.364
N13520 X256.745 Y257.451 Z-21.212
N13525 X256.741 Y257.473 Z-21.057
N13530 X256.739 Y257.481 Z-20.9
N13535 G0 Z5.
N13540 G1 X164.953 Y258.22 F5000.
N13545 G0 Z-19.3
N13550 G1 Z-20.9 F38250.
N13555 X164.951 Y258.212 Z-21.057
N13560 X164.947 Y258.19 Z-21.212
N13565 X164.941 Y258.152 Z-21.364
N13570 X164.931 Y258.1 Z-21.512
N13575 X164.919 Y258.034 Z-21.654
N13580 X164.905 Y257.955 Z-21.789
N13585 X164.888 Y257.863 Z-21.915
N13590 X164.869 Y257.759 Z-22.031
N13595 X164.848 Y257.644 Z-22.137
N13600 X164.826 Y257.52 Z-22.23
N13605 X164.802 Y257.388 Z-22.311
N13610 X164.776 Y257.248 Z-22.378
N13615 X164.75 Y257.103 Z-22.431
N13620 X164.722 Y256.953 Z-22.469
N13625 X164.695 Y256.8 Z-22.492
N13630 X164.667 Y256.646 Z-22.5
N13635 G3 X164.722 Y255.862 I1.557 J-0.283
N13640 G1 X164.901 Y255.382
N13645 X165.093 Y254.853
N13650 X165.208 Y254.423
N13655 X165.326 Y253.943
N13660 X165.438 Y253.463
N13665 X165.869 Y251.543
N13670 X165.976 Y251.064
N13675 X166.053 Y250.825
N13680 X166.155 Y250.584
N13685 X166.267 Y250.344
N13690 X166.42 Y250.104
N13695 X166.533 Y249.933
N13700 X166.8 Y249.624
N13705 X167.013 Y249.409
N13710 X167.362 Y249.144
N13715 X167.492 Y249.054
N13720 X167.972 Y248.81
N13725 X168.416 Y248.664
N13730 X168.452 Y248.654
N13735 X168.692 Y248.596
N13740 X168.932 Y248.568
N13745 X169.411 Y248.53
N13750 X170.371 Y248.504
N13755 X170.851 Y248.5
N13760 X176.466
N13765 G3 X177.213 Y248.715 I-0.056 J1.599
N13770 G1 X177.348 Y248.794 Z-22.492
N13775 X177.483 Y248.872 Z-22.469
N13780 X177.615 Y248.948 Z-22.431
N13785 X177.742 Y249.022 Z-22.378
N13790 X177.865 Y249.094 Z-22.311
N13795 X177.982 Y249.161 Z-22.23
N13800 X178.091 Y249.225 Z-22.137
N13805 X178.191 Y249.283 Z-22.031
N13810 X178.283 Y249.336 Z-21.915
N13815 X178.363 Y249.383 Z-21.789
N13820 X178.433 Y249.423 Z-21.654
N13825 X178.491 Y249.457 Z-21.512
N13830 X178.537 Y249.484 Z-21.364
N13835 X178.57 Y249.503 Z-21.212
N13840 X178.59 Y249.514 Z-21.057
N13845 X178.597 Y249.518 Z-20.9
N13850 G0 Z5.
N13855 G1 X10.04 Y168.841 F5000.
N13860 G0 Z-19.3
N13865 G1 Z-20.9 F38250.
N13870 X10.046 Y168.846 Z-21.057
N13875 X10.064 Y168.86 Z-21.212
N13880 X10.094 Y168.883 Z-21.364
N13885 X10.136 Y168.916 Z-21.512
N13890 X10.189 Y168.957 Z-21.654
N13895 X10.252 Y169.007 Z-21.789
N13900 X10.326 Y169.064 Z-21.915
N13905 X10.409 Y169.129 Z-22.031
N13910 X10.501 Y169.201 Z-22.137
N13915 X10.601 Y169.278 Z-22.23
N13920 X10.707 Y169.361 Z-22.311
N13925 X10.819 Y169.448 Z-22.378
N13930 X10.935 Y169.539 Z-22.431
N13935 X11.055 Y169.633 Z-22.469

N13940 X11.178 Y169.728 Z-22.492
N13945 X11.302 Y169.825 Z-22.5
N13950 G3 X11.782 Y170.446 I-0.973 J1.248
N13955 G1 X15.808 Y180.763
N13960 X15.902 Y181.047
N13965 X15.983 Y181.374
N13970 X16.04 Y181.726
N13975 X16.071 Y182.103
N13980 Y182.525
N13985 X16.036 Y182.965
N13990 X15.959 Y183.445
N13995 X15.832 Y183.963
N14000 X15.654 Y184.498
N14005 X15.402 Y185.093
N14010 X15.066 Y185.735
N14015 X14.27 Y187.001
N14020 X13.398 Y188.216
N14025 X12.574 Y189.464
N14030 X11.817 Y190.754
N14035 X11.134 Y192.085
N14040 X10.526 Y193.451
N14045 X9.989 Y194.847
N14050 X9.52 Y196.267
N14055 X9.112 Y197.706
N14060 X8.76 Y199.16
N14065 X8.458 Y200.624
N14070 X8.199 Y202.097
N14075 X7.978 Y203.577
N14080 X7.791 Y205.06
N14085 X7.631 Y206.548
N14090 X7.497 Y208.037
N14095 X7.383 Y209.528
N14100 X7.288 Y211.021
N14105 X7.207 Y212.514
N14110 X7.14 Y214.008
N14115 X7.083 Y215.503
N14120 X7.036 Y216.998
N14125 X6.996 Y218.493
N14130 X6.963 Y219.988
N14135 X6.935 Y221.484
N14140 X6.912 Y222.979
N14145 X6.893 Y224.474
N14150 X6.877 Y225.97
N14155 X6.864 Y227.466
N14160 X6.853 Y228.961
N14165 X6.844 Y230.457
N14170 X6.895 Y231.203
N14175 X6.952 Y232.133
N14180 X7.009 Y233.192
N14185 X7.066 Y234.418
N14190 X7.124 Y235.876
N14195 X7.172 Y237.371
N14200 X7.211 Y238.866
N14205 X7.242 Y240.361
N14210 X7.268 Y241.857
N14215 X7.28 Y242.791
N14220 X7.298 Y244.287
N14225 X7.313 Y245.782
N14230 X7.325 Y247.278
N14235 X7.432 Y248.77
N14240 X7.929 Y250.18
N14245 X8.72 Y251.45
N14250 X9.719 Y252.564
N14255 X10.865 Y253.523
N14260 X12.114 Y254.346
N14265 X13.436 Y255.045
N14270 X14.81 Y255.635
N14275 X16.221 Y256.133
N14280 X17.657 Y256.55
N14285 X19.111 Y256.9
N14290 X20.578 Y257.192
N14295 X22.054 Y257.436
N14300 X23.536 Y257.639
N14305 X25.022 Y257.808
N14310 X26.511 Y257.948
N14315 X28.002 Y258.065
N14320 X29.494 Y258.162
N14325 X30.988 Y258.242
N14330 X32.482 Y258.309
N14335 X33.976 Y258.363
N14340 X35.471 Y258.409
N14345 X36.966 Y258.447
N14350 X38.455 Y258.587
N14355 X39.947 Y258.701
N14360 X41.439 Y258.794

N14365 X42.933 Y258.87
N14370 X44.427 Y258.932
N14375 X45.922 Y258.982
N14380 X47.417 Y259.023
N14385 X48.913 Y259.056
N14390 X50.408 Y259.089
N14395 X51.903 Y259.105
N14400 X53.399 Y259.123
N14405 X54.894 Y259.137
N14410 X56.39 Y259.149
N14415 X57.886 Y259.159
N14420 X59.381 Y259.166
N14425 X60.877 Y259.173
N14430 X62.372 Y259.182
N14435 X63.868 Y259.188
N14440 X65.364 Y259.194
N14445 X66.859 Y259.197
N14450 X68.355 Y259.199
N14455 X69.851 Y259.2
N14460 X71.347 Y259.232
N14465 X72.843 Y259.327
N14470 X74.339 Y259.484
N14475 X75.835 Y259.7
N14480 X77.331 Y259.97
N14485 X78.827 Y260.289
N14490 X80.323 Y260.65
N14495 X81.819 Y261.021
N14500 X83.315 Y261.382
N14505 X84.811 Y261.743
N14510 X86.307 Y262.104
N14515 X87.803 Y262.465
N14520 X89.299 Y262.826
N14525 X90.795 Y263.187
N14530 X92.291 Y263.548
N14535 X93.787 Y263.909
N14540 X95.283 Y264.27
N14545 X96.779 Y264.631
N14550 X98.275 Y264.992
N14555 X99.771 Y265.353
N14560 X101.267 Y265.714
N14565 X102.763 Y266.075
N14570 X104.259 Y266.436
N14575 X105.755 Y266.797
N14580 X107.251 Y267.158
N14585 X108.747 Y267.519
N14590 X109.743 Y267.88
N14595 X110.739 Y268.241
N14600 X111.735 Y268.602
N14605 X112.731 Y268.963
N14610 X113.727 Y269.324
N14615 X114.723 Y269.685
N14620 X115.719 Y270.046
N14625 X116.715 Y270.407
N14630 X117.711 Y270.768
N14635 X118.707 Y271.129
N14640 X119.703 Y271.49
N14645 G0 Z5.
N14650 G1 X14.066 Y179.158 F5000.
N14655 G0 Z-19.3
N14660 G1 Z-20.9 F38250.
N14665 X14.072 Y179.162 Z-21.057
N14670 X14.09 Y179.176 Z-21.212
N14675 X14.12 Y179.2 Z-21.364
N14680 X14.162 Y179.232 Z-21.512
N14685 X14.215 Y179.274 Z-21.654
N14690 X14.278 Y179.323 Z-21.789
N14695 X14.352 Y179.381 Z-21.915
N14700 X14.435 Y179.446 Z-22.031
N14705 X14.527 Y179.517 Z-22.137
N14710 X14.627 Y179.595 Z-22.23
N14715 X14.733 Y179.679 Z-22.311
N14720 X14.845 Y179.765 Z-22.378
N14725 X14.961 Y179.856 Z-22.431
N14730 X15.081 Y179.949 Z-22.469
N14735 X15.204 Y180.045 Z-22.492
N14740 X15.328 Y180.141 Z-22.5
N14745 G3 X15.808 Y180.763 I-0.973 J1.248
N14750 G1 X17.128 Y184.146
N14755 X17.262 Y184.546
N14760 X17.366 Y184.972
N14765 X17.457 Y185.528
N14770 X17.518 Y186.274
N14775 Y187.333
N14780 X17.399 Y188.824
N14785 X17.175 Y190.303

N14790 X16.893 Y191.772
N14795 X16.585 Y193.235
N14800 X16.271 Y194.698
N14805 X15.961 Y196.161
N14810 X15.666 Y197.627
N14815 X15.388 Y199.097
N14820 X15.131 Y200.57
N14825 X14.897 Y202.047
N14830 X14.684 Y203.528
N14835 X14.494 Y205.011
N14840 X14.324 Y206.497
N14845 X14.174 Y207.985
N14850 X14.041 Y209.475
N14855 X13.925 Y210.966
N14860 X13.824 Y212.458
N14865 X13.735 Y213.951
N14870 X13.658 Y215.445
N14875 X13.592 Y216.939
N14880 X13.534 Y218.433
N14885 X13.485 Y219.928
N14890 X13.442 Y221.423
N14895 X13.406 Y222.914
N14900 X13.383 Y224.414
N14905 X13.38 Y225.909
N14910 X13.392 Y227.405
N14915 X13.414 Y228.9
N14920 X13.441 Y230.396
N14925 X13.531 Y231.882
N14930 X13.559 Y233.377
N14935 X13.586 Y234.87
N14940 X13.598 Y237.321
N14945 X14.682 Y240.63
N14950 X15.924 Y242.498
N14955 X16.708 Y243.772
N14960 X17.542 Y245.013
N14965 X18.565 Y246.104
N14970 X19.723 Y247.051
N14975 X20.977 Y247.865
N14980 X22.302 Y248.56
N14985 X23.676 Y249.151
N14990 X25.085 Y249.65
N14995 X26.52 Y250.072
N15000 X27.973 Y250.426
N15005 X29.439 Y250.724
N15010 X30.913 Y250.975
N15015 X32.391 Y251.204
N15020 X33.873 Y251.412
N15025 X35.356 Y251.599
N15030 X36.843 Y251.765
N15035 X38.331 Y251.911
N15040 X39.821 Y252.039
N15045 X41.313 Y252.151
N15050 X42.805 Y252.247
N15055 X44.476 Y252.285
N15060 X43.953 Y252.346
N15065 X44.417 Y252.476
N15070 X44.857 Y252.671
N15075 X45.264 Y252.927
N15080 X45.63 Y253.239
N15085 X45.857 Y253.463
N15090 X46.11 Y253.693
N15095 X46.924 Y254.423
N15100 X47.069 Y254.55
N15105 X47.549 Y254.964
N15110 X48.029 Y255.343
N15115 X48.988 Y255.958
N15120 X49.621 Y256.342
N15125 X49.948 Y256.539
N15130 X50.428 Y256.806
N15135 X50.908 Y257.059
N15140 X51.387 Y257.278
N15145 X51.867 Y257.466
N15150 X52.347 Y257.65
N15155 X52.827 Y257.828
N15160 X53.306 Y258.004
N15165 X53.786 Y258.165
N15170 X54.088 Y258.262
N15175 X54.266 Y258.307
N15180 X55.225 Y258.499
N15185 X55.705 Y258.582
N15190 X56.185 Y258.664
N15195 X56.691 Y258.741
N15200 X57.145 Y258.807
N15205 X57.624 Y258.853
N15210 X58.104 Y258.87

N15215 X58.584 Y258.878
N15220 X59.543 Y258.859
N15225 X60.503 Y258.834
N15230 X60.983 Y258.783
N15235 X61.463 Y258.728
N15240 X61.942 Y258.637
N15245 X62.422 Y258.539
N15250 X62.902 Y258.439
N15255 X63.745 Y258.262
N15260 X63.861 Y258.234
N15265 X64.341 Y258.096
N15270 X64.821 Y257.939
N15275 X65.78 Y257.557
N15280 X66.74 Y257.158
N15285 X67.22 Y256.93
N15290 X67.7 Y256.698
N15295 X68.179 Y256.414
N15300 X69.095 Y255.904
N15305 X70.266 Y255.371
N15310 X71.672 Y254.861
N15315 X73.112 Y254.456
N15320 X74.572 Y254.133
N15325 X76.045 Y253.873
N15330 X77.526 Y253.665
N15335 X79.012 Y253.498
N15340 X80.502 Y253.364
N15345 X81.993 Y253.255
N15350 X83.486 Y253.168
N15355 X84.98 Y253.097
N15360 X86.475 Y253.04
N15365 X87.97 Y252.994
N15370 X89.465 Y252.957
N15375 X90.96 Y252.927
N15380 X92.456 Y252.903
N15385 X93.951 Y252.883
N15390 X95.447 Y252.867
N15395 X96.942 Y252.854
N15400 X98.438 Y252.844
N15405 X99.933 Y252.836
N15410 X101.429 Y252.829
N15415 X102.925 Y252.823
N15420 X105.916 Y252.815
N15425 X108.907 Y252.81
N15430 X113.394 Y252.805
N15435 X117.881 Y252.803
N15440 X120.872 Y252.802
N15445 X122.368 Y252.805
N15450 X123.863 Y252.842
N15455 X125.355 Y252.95
N15460 X125.788 Y253.041
N15465 X126.206 Y253.19
N15470 X126.599 Y253.394
N15475 X126.962 Y253.649
N15480 X127.287 Y253.95
N15485 X127.569 Y254.292
N15490 X127.803 Y254.669
N15495 X127.984 Y255.074
N15500 X128.151 Y255.529
N15505 X128.278 Y255.862
N15510 X128.888 Y257.302
N15515 X129.11 Y257.801
N15520 X129.362 Y258.262
N15525 X129.638 Y258.741
N15530 X129.937 Y259.221
N15535 X130.252 Y259.701
N15540 X130.57 Y260.181
N15545 X130.887 Y260.65
N15550 G3 X129.433 Y263.097 I-1.356 J0.85
N15555 G1 X68.974 Y259.338
N15560 G3 X68.179 Y256.414 I0.099 J-1.597
N15565 G1 X68.295 Y256.342
N15570 X68.659 Y256.112
N15575 X69.769 Y255.382
N15580 X70.098 Y255.159
N15585 X70.425 Y254.902
N15590 X70.578 Y254.777
N15595 X71.001 Y254.423
N15600 X71.538 Y253.908
N15605 X72.018 Y253.444
N15610 X72.497 Y252.978
N15615 X72.977 Y252.46
N15620 X73.368 Y252.038
N15625 X73.907 Y251.543
N15630 X74.59 Y251.009
N15635 X75.449 Y250.443

N15640 X76.528 Y249.851
N15645 X77.892 Y249.238
N15650 X79.301 Y248.736
N15655 X79.68 Y248.628
N15660 X79.979 Y248.557
N15665 X80.283 Y248.514
N15670 X80.589 Y248.5
N15675 G3 X80.959 Y250.121 I-0.03 J0.859
N15680 G1 X74.061 Y253.742
N15685 G3 X72.977 Y252.46 I-0.4 J-0.761
N15690 G1 X73.334 Y252.023
N15695 X74.016 Y251.064
N15700 X74.416 Y250.485
N15705 X74.678 Y250.104
N15710 X74.896 Y249.772
N15715 X74.981 Y249.624
N15720 X75.272 Y249.144
N15725 X75.376 Y249.02
N15730 X75.495 Y248.904
N15735 X75.613 Y248.808
N15740 X75.856 Y248.662
N15745 X76.096 Y248.568
N15750 X76.335 Y248.515
N15755 X76.815 Y248.5
N15760 X122.873
N15765 X123.353 Y248.516
N15770 X123.833 Y248.547
N15775 X124.313 Y248.597
N15780 X124.584 Y248.664
N15785 X124.793 Y248.722
N15790 X125.272 Y248.928
N15795 X125.455 Y249.022
N15800 X125.638 Y249.144
N15805 X125.752 Y249.227
N15810 X125.976 Y249.399
N15815 X126.2 Y249.624
N15820 X126.232 Y249.658
N15825 X126.429 Y249.881
N15830 X126.58 Y250.104
N15835 X126.712 Y250.307
N15840 X126.845 Y250.584
N15845 X127.024 Y251.064
N15850 X127.562 Y253.463
N15855 X127.674 Y253.943
N15860 X127.792 Y254.423
N15865 X127.92 Y254.902
N15870 X127.984 Y255.074
N15875 G3 X128.04 Y255.849 I-1.52 J0.5
N15880 G1 X128.013 Y256.004 Z-22.492
N15885 X127.986 Y256.157 Z-22.469
N15890 X127.96 Y256.307 Z-22.431
N15895 X127.934 Y256.453 Z-22.378
N15900 X127.91 Y256.592 Z-22.311
N15905 X127.887 Y256.725 Z-22.23
N15910 X127.865 Y256.849 Z-22.137
N15915 X127.845 Y256.964 Z-22.031
N15920 X127.827 Y257.068 Z-21.915
N15925 X127.811 Y257.16 Z-21.789
N15930 X127.797 Y257.239 Z-21.654
N15935 X127.785 Y257.306 Z-21.512
N15940 X127.776 Y257.358 Z-21.364
N15945 X127.769 Y257.395 Z-21.212
N15950 X127.765 Y257.418 Z-21.057
N15955 X127.764 Y257.426 Z-20.9
N15960 G0 Z5.
N15965 G1 X15.386 Y182.541 F5000.
N15970 G0 Z-19.3
N15975 G1 Z-20.9 F38250.
N15980 X15.392 Y182.546 Z-21.057
N15985 X15.41 Y182.56 Z-21.212
N15990 X15.441 Y182.583 Z-21.364
N15995 X15.482 Y182.616 Z-21.512
N16000 X15.535 Y182.657 Z-21.654
N16005 X15.599 Y182.707 Z-21.789
N16010 X15.673 Y182.764 Z-21.915
N16015 X15.756 Y182.829 Z-22.031
N16020 X15.848 Y182.901 Z-22.137
N16025 X15.947 Y182.978 Z-22.23
N16030 X16.053 Y183.061 Z-22.311
N16035 X16.165 Y183.148 Z-22.378
N16040 X16.282 Y183.239 Z-22.431
N16045 X16.402 Y183.333 Z-22.469
N16050 X16.524 Y183.429 Z-22.492
N16055 X16.648 Y183.525 Z-22.5
N16060 G3 X17.128 Y184.146 I-0.973 J1.248

N16065 G1 X19.647 Y190.601
N16070 X20.089 Y191.926
N16075 X20.398 Y193.179
N16080 X20.638 Y194.655
N16085 X20.776 Y196.144
N16090 X20.941 Y197.638
N16095 X20.852 Y199.134
N16100 X20.827 Y200.629
N16105 X20.776 Y202.124
N16110 X20.709 Y203.618
N16115 X20.633 Y205.112
N16120 X20.551 Y206.605
N16125 X20.469 Y208.099
N16130 X20.388 Y209.592
N16135 X20.309 Y211.086
N16140 X20.236 Y212.58
N16145 X20.167 Y214.074
N16150 X20.103 Y215.568
N16155 X20.045 Y217.062
N16160 X19.995 Y218.557
N16165 X19.955 Y220.052
N16170 X19.926 Y221.547
N16175 X19.906 Y223.043
N16180 X19.896 Y224.539
N16185 X19.893 Y226.034
N16190 X19.897 Y227.53
N16195 X19.905 Y229.025
N16200 X19.952 Y230.52
N16205 X20.153 Y232.002
N16210 X20.467 Y233.464
N16215 X20.911 Y234.893
N16220 X21.547 Y236.246
N16225 X22.37 Y237.495
N16230 X23.35 Y238.626
N16235 X24.455 Y239.633
N16240 X25.659 Y240.52
N16245 X26.936 Y241.298
N16250 X28.268 Y241.979
N16255 X29.64 Y242.574
N16260 X31.043 Y243.093
N16265 X32.469 Y243.545
N16270 X33.912 Y243.939
N16275 X35.368 Y244.281
N16280 X36.833 Y244.577
N16285 X38.305 Y244.843
N16290 X39.205 Y245.009
N16295 X39.667 Y245.13
N16300 X40.107 Y245.316
N16305 X40.515 Y245.564
N16310 X40.883 Y245.868
N16315 X41.204 Y246.222
N16320 X41.47 Y246.618
N16325 X41.676 Y247.049
N16330 X41.745 Y247.225
N16335 X41.958 Y247.705
N16340 X42.195 Y248.184
N16345 X42.751 Y249.292
N16350 X42.923 Y249.624
N16355 X43.205 Y250.104
N16360 X43.711 Y250.868
N16365 X43.855 Y251.064
N16370 X44.67 Y252.129
N16375 X44.964 Y252.503
N16380 X45.376 Y252.983
N16385 X45.63 Y253.239
N16390 G3 X46.003 Y253.921 I-1.175 J1.086
N16395 G1 X46.043 Y254.073 Z-22.492
N16400 X46.082 Y254.224 Z-22.469
N16405 X46.12 Y254.371 Z-22.431
N16410 X46.157 Y254.514 Z-22.378
N16415 X46.193 Y254.651 Z-22.311
N16420 X46.227 Y254.782 Z-22.23
N16425 X46.259 Y254.904 Z-22.137
N16430 X46.288 Y255.016 Z-22.031
N16435 X46.315 Y255.118 Z-21.915
N16440 X46.339 Y255.209 Z-21.789
N16445 X46.359 Y255.287 Z-21.654
N16450 X46.376 Y255.352 Z-21.512
N16455 X46.389 Y255.403 Z-21.364
N16460 X46.399 Y255.44 Z-21.212
N16465 X46.405 Y255.462 Z-21.057
N16470 X46.407 Y255.47 Z-20.9
N16475 G0 Z5.
N16480 G1 X17.905 Y188.995 F5000.
N16485 G0 Z-19.3

N16490 G1 Z-20.9 F38250.
N16495 X17.911 Y189. Z-21.057
N16500 X17.929 Y189.014 Z-21.212
N16505 X17.959 Y189.038 Z-21.364
N16510 X18.001 Y189.07 Z-21.512
N16515 X18.054 Y189.111 Z-21.654
N16520 X18.118 Y189.161 Z-21.789
N16525 X18.191 Y189.219 Z-21.915
N16530 X18.274 Y189.283 Z-22.031
N16535 X18.366 Y189.355 Z-22.137
N16540 X18.466 Y189.433 Z-22.23
N16545 X18.572 Y189.515 Z-22.311
N16550 X18.684 Y189.603 Z-22.378
N16555 X18.8 Y189.694 Z-22.431
N16560 X18.921 Y189.787 Z-22.469
N16565 X19.043 Y189.883 Z-22.492
N16570 X19.167 Y189.979 Z-22.5
N16575 G3 X19.647 Y190.601 I-0.973 J1.248
N16580 G1 X24.141 Y202.117
N16585 X24.615 Y203.536
N16590 X25.033 Y204.972
N16595 X25.351 Y206.434
N16600 X25.589 Y207.901
N16605 X25.768 Y209.395
N16610 X25.899 Y210.885
N16615 X25.995 Y212.377
N16620 X26.064 Y213.871
N16625 X26.114 Y215.366
N16630 X26.151 Y216.861
N16635 X26.179 Y218.357
N16640 X26.201 Y219.852
N16645 X26.237 Y222.843
N16650 X26.276 Y224.338
N16655 X26.38 Y225.83
N16660 X26.644 Y227.302
N16665 X27.125 Y228.718
N16670 X27.813 Y230.047
N16675 X28.676 Y231.268
N16680 X29.684 Y232.373
N16685 X30.805 Y233.362
N16690 X32.016 Y234.24
N16695 X33.295 Y235.016
N16700 X34.622 Y235.706
N16705 X35.974 Y236.345
N16710 X36.634 Y236.651
N16715 X37.003 Y236.852
N16720 X37.343 Y237.098
N16725 X37.649 Y237.385
N16730 X37.916 Y237.709
N16735 X38.14 Y238.064
N16740 X38.318 Y238.444
N16745 X41.665 Y247.022
N16750 X41.676 Y247.049
N16755 G3 X41.749 Y247.824 I-1.509 J0.532
N16760 G1 X41.725 Y247.979 Z-22.492
N16765 X41.701 Y248.132 Z-22.469
N16770 X41.678 Y248.283 Z-22.431
N16775 X41.656 Y248.429 Z-22.378
N16780 X41.634 Y248.569 Z-22.311
N16785 X41.614 Y248.702 Z-22.23
N16790 X41.595 Y248.827 Z-22.137
N16795 X41.577 Y248.942 Z-22.031
N16800 X41.561 Y249.046 Z-21.915
N16805 X41.547 Y249.139 Z-21.789
N16810 X41.535 Y249.218 Z-21.654
N16815 X41.525 Y249.285 Z-21.512
N16820 X41.517 Y249.337 Z-21.364
N16825 X41.511 Y249.375 Z-22.212
N16830 X41.507 Y249.397 Z-21.057
N16835 X41.506 Y249.405 Z-20.9
N16840 X0 Z5.
N16845 G1 X22.399 Y200.512 F5000.
N16850 G0 Z-19.3
N16855 G1 Z-20.9 F38250.
N16860 X22.405 Y200.517 Z-21.057
N16865 X22.424 Y200.531 Z-21.212
N16870 X22.454 Y200.554 Z-21.364
N16875 X22.495 Y200.587 Z-21.512
N16880 X22.548 Y200.628 Z-21.654
N16885 X22.612 Y200.678 Z-21.789
N16890 X22.686 Y200.735 Z-21.915
N16895 X22.769 Y200.8 Z-22.031
N16900 X22.861 Y200.872 Z-22.137
N16905 X22.96 Y200.949 Z-22.23
N16910 X23.066 Y201.032 Z-22.311

NI6915 X23.178 Y201.119 Z-22.378  
NI6920 X23.295 Y201.21 Z-22.431  
NI6925 X23.415 Y201.304 Z-22.469  
NI6930 X23.537 Y201.399 Z-22.492  
NI6935 X23.661 Y201.496 Z-22.5  
NI6940 G3 X24.141 Y202.117 I-0.973 J1.248  
NI6945 G1 X38.318 Y238.444  
NI6950 G3 X38.389 Y239.219 I-1.51 J0.529  
NI6955 G1 X38.365 Y239.374 Z-22.492  
NI6960 X38.341 Y239.527 Z-22.469  
NI6965 X38.318 Y239.678 Z-22.431  
NI6970 X38.295 Y239.824 Z-22.378  
NI6975 X38.273 Y239.964 Z-22.311  
NI6980 X38.253 Y240.097 Z-22.23  
NI6985 X38.233 Y240.222 Z-22.137  
NI6990 X38.216 Y240.337 Z-22.031  
NI6995 X38.199 Y240.441 Z-21.915  
NI7000 X38.185 Y240.533 Z-21.789  
NI7005 X38.173 Y240.613 Z-21.654  
NI7010 X38.162 Y240.679 Z-21.512  
NI7015 X38.154 Y240.732 Z-21.364  
NI7020 X38.149 Y240.769 Z-21.212  
NI7025 X38.145 Y240.792 Z-21.057  
NI7030 X38.144 Y240.8 Z-20.9  
NI7035 G0 Z5.  
NI7040 G1 X-4.005 Y132.851 F5000.  
NI7045 G0 Z-19.3  
NI7050 G1 Z-20.9 F38250.  
NI7055 X-3.999 Y132.856 Z-21.057  
NI7060 X-3.981 Y132.87 Z-21.212  
NI7065 X-3.951 Y132.893 Z-21.364  
NI7070 X-3.909 Y132.926 Z-21.512  
NI7075 X-3.856 Y132.967 Z-21.654  
NI7080 X-3.792 Y133.017 Z-21.789  
NI7085 X-3.719 Y133.074 Z-21.915  
NI7090 X-3.636 Y133.139 Z-22.031  
NI7095 X-3.544 Y133.211 Z-22.137  
NI7100 X-3.444 Y133.288 Z-22.23  
NI7105 X-3.338 Y133.371 Z-22.311  
NI7110 X-3.226 Y133.458 Z-22.378  
NI7115 X-3.11 Y133.549 Z-22.431  
NI7120 X-2.989 Y133.643 Z-22.469  
NI7125 X-2.867 Y133.739 Z-22.492  
NI7130 X-2.743 Y133.835 Z-22.5  
NI7135 G3 X-2.263 Y134.457 I-0.973 J1.248  
NI7140 G1 X7.928 Y160.572  
NI7145 G3 X7.999 Y161.346 I-1.51 J0.529  
NI7150 G1 X7.975 Y161.501 Z-22.492  
NI7155 X7.952 Y161.655 Z-22.469  
NI7160 X7.928 Y161.805 Z-22.431  
NI7165 X7.906 Y161.951 Z-22.378  
NI7170 X7.884 Y162.092 Z-22.311  
NI7175 X7.863 Y162.225 Z-22.23  
NI7180 X7.844 Y162.349 Z-22.137  
NI7185 X7.826 Y162.464 Z-22.031  
NI7190 X7.81 Y162.569 Z-21.915  
NI7195 X7.796 Y162.661 Z-21.789  
NI7200 X7.783 Y162.741 Z-21.654  
NI7205 X7.773 Y162.807 Z-21.512  
NI7210 X7.765 Y162.859 Z-21.364  
NI7215 X7.759 Y162.897 Z-21.212  
NI7220 X7.756 Y162.92 Z-21.057  
NI7225 X7.755 Y162.927 Z-20.9  
NI7230 G0 Z15.

NI7235 M5  
NI7240 M9  
NI7245 G53 G0 Z0.  
NI7250 M11  
NI7255 M13  
NI7260 G0 R0. B0.  
NI7265 X404.5  
NI7270 G53 G0 Y0.  
NI7275 M30

§

## ANEXO I

## Resumo dos dados de corte para Superfície plana

### Detalhes de materiais

MC, N1.3.C.AG, Dureza: 90 HB, Grupo de material:N1.3.C.AG

### Detalhes da tarefa

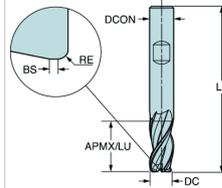


#### Superfície plana

Tipo de operação (CTPT)	pré-usinagem e acabamento
Característica da profundidade de usinagem (DEPTHMF)	3 mm
Parâmetro geral de largura (WIDTH)	262 mm
Parâmetro geral de comprimento (LENGTH)	805 mm
Ra fundo (RRA)	0.8 µm

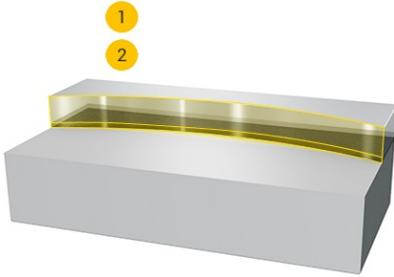
### Solução recomendada

1K233-2500-300-NB H10F



Tipo de ferramenta (ASMTYPE)		Inteiriço	Ferramenta
Operação (SUBOPSEQ)		Faceamento	
Tipo de adaptador (ADINTMS)		Weldon (DIN1835-B / DIN6535-HB) -metric: 25	
Classe (GRADE)		H10F	
Método de refrigeração (COOLSTL)		externa	
Refrigeração (COOLT)		Emulsão a 10%	
Tempo de usinagem por fixação (TMF)	min:s	03:02.400	
Nº de características (TLIFEC)		19.8	

## Dados de corte



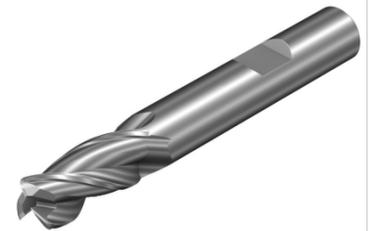
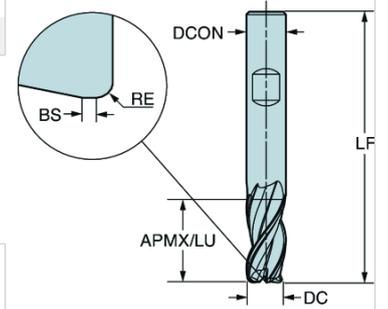
## Legenda

- 1 Pré-usinagem  
 2 Acabamento

	1	2	
Largura de corte (AE)	17.47	18.71	mm
Profundidade de corte (AP)	2.5	0.5	mm
Número de passes na direção AE (NOPAE)	15	14	
Número de passes na direção AP (NOPAP)	1	1	
Velocidade de corte (VC)	1410	1260	m/min
Velocidade de fuso (N)	18000	18000	1/min
Avanço por dente (FZ)	0.304	0.124	mm
Velocidade de avanço no diâmetro usinado (VFM)	16400	6690	mm/min
Potência de corte (PPC)	5.15	0.522	kW
Torque de corte (MMC)	2.73	0.277	Nm
Espessura máxima dos cavacos (HEX)	0.3	0.0685	mm
Taxa de remoção de material (QQ)	716	62.6	cm <sup>3</sup> /min
Tempo de corte total (TCCT)	00:44.880	01:44.400	min:s
Tempo total fora de corte (TNCT)	00:17.160	00:16.200	min:s
Vida útil da ferramenta em unidade de comprimento (TLIFEL)	702.42	352.96	m
Vida útil da ferramenta (TLIFET)	43	53	min

## Produktinformation

Beskrivning		
CoroMill® Dura, fresa de topo inteiraça de metal duro para usinagem geral		
Beställningskod		
ISO	1K233-2500-300-NB H10F	
ANSI	1K233-2500-300-NB H10F	
EDP		
Strekkod	7323227354958	
TMC1ISO	Classificação de materiais nível 1	N
DC	Diâmetro de corte	25 mm
KAPR	Ângulo da aresta de corte da ferramenta	90 °
TCDC	classe da tolerância do diâmetro de corte	h10
DCF	diâmetro de corte do contato da face	19 mm
RE	Raio do canto	3 mm
BS	comprimento da aresta alisadora	0.875 mm
APMX	Profundidade de corte máxima	50 mm
APMX_PFW	profundidade de corte máxima	50 mm
CCC	recurso de corte central	True
APMX_FFW	profundidade de corte máxima	50 mm
LU	Comprimento util	50 mm
ZEFP	número efetivo de arestas de corte na parte periférica	3
ADINTMS	Direção da interface de adaptação da máquina	Weldon (DIN6535-HB) -metric: 25
RMPX_FFW	ângulo máximo de usinagem em rampa	20 °
TCDCON	tolerância do diâmetro de conexão	h6
GRADE	Classe	H10F
SUBSTRATE	Substrato	HF
BSG	Grupo standard básico	COROMANT
CNSC	Código de entrada de refrigeração	without coolant entry
DCONMS	diâmetro de conexão do lado da máquina	25 mm
LF	comprimento funcional	130 mm
FHA	Ângulo de hélice do canal	35 °
GAMF	ângulo de saída radial	13 °
GAMP	ângulo de saída axial	6 °
NORGMX	reafições máximas	4
RPMX	rotação máxima	80000 1/min
WT	peso do item	0.674 kg
ValFrom20	Release date	2/24/2023 12:00:00 AM +00:00
RELEASEPACK	ID de liberação do pacote	23.1



## Resumo dos dados de corte para Superfície plana

### Detalhes de materiais

MC, N1.3.C.AG, Dureza: 90 HB, Grupo de material:N1.3.C.AG

### Detalhes da tarefa



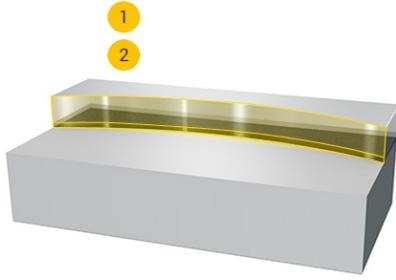
#### Superfície plana

Tipo de operação (CTPT)		pré-usinagem e acabamento
Característica da profundidade de usinagem (DEPTHMF)		2 mm
Parâmetro geral de largura (WIDTH)		80 mm
Parâmetro geral de comprimento (LENGTH)		805 mm
Ra fundo (RRA)		3.2 μm
Diâmetro de corte (DC)		50 mm

### Solução recomendada

		R390-050Q22-11H	R390-11 T3 08E-NL H13A
Tipo de ferramenta (ASMTYPE)		Intercambiável	Ferramenta
Operação (SUBOPSEQ)		Faceamento	Face da pastilha
Ferramenta (TOOL)			R390-050Q22-11H
Nº de peças (#)			1
Tipo de adaptador (ADINTMS)		Arbor -ISO 6462 -A (hexagon socket head cap screw) -metric: 22	R390-11 T3 08E-NL H13A
Classe (GRADE)		H13A	
Método de refrigeração (COOLSTL)		interno	
Refrigeração (COOLT)		Ar comprimido	
Tempo de usinagem por fixação (TMF)	min:s	00:34.980	
Nº de características (TLIFEC)		47	

## Dados de corte



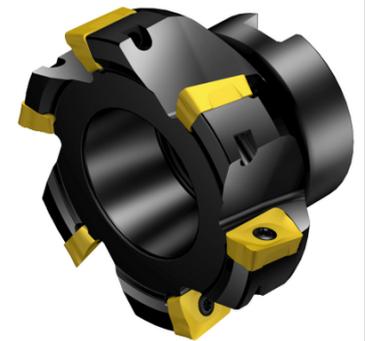
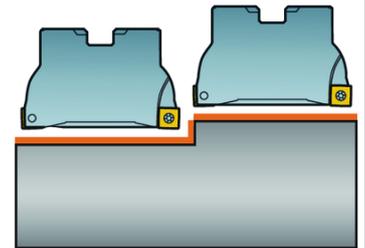
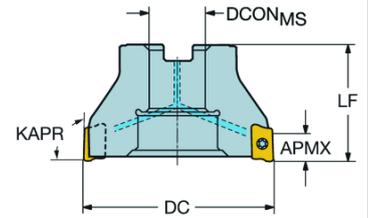
## Legenda

- 1 Pré-usinagem  
 2 Acabamento

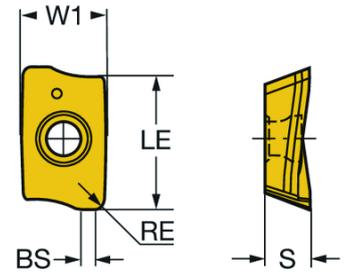
	1	2	
Largura de corte (AE)	40	40	mm
Profundidade de corte (AP)	1.5	0.5	mm
Número de passes na direção AE (NOPAE)	2	2	
Número de passes na direção AP (NOPAP)	1	1	
Velocidade de corte (VC)	990	1020	m/min
Velocidade de fuso (N)	6300	6500	1/min
Avanço por dente (FZ)	0.15	0.129	mm
Velocidade de avanço no diâmetro usinado (VFM)	6620	5890	mm/min
Potência de corte (PPC)	5.91	2	kW
Torque de corte (MMC)	8.96	2.94	Nm
Espessura máxima dos cavacos (HEX)	0.15	0.12	mm
Taxa de remoção de material (QQ)	397	118	cm <sup>3</sup> /min
Tempo de corte total (TCCT)	00:15.060	00:17.400	min:s
Tempo total fora de corte (TNCT)	00:01.248	00:01.284	min:s
Vida útil da ferramenta em unidade de comprimento (TLIFEL)	198.6	132.59	m
Vida útil da ferramenta (TLIFET)	30	22	min

## Produktinformation

Beskrivning		
Corpo de Fresa CoroMill® 390 para cantos a 90 graus		
Beställningskod		
ISO	R390-050Q22-11H	
ANSI	R390-050Q22-11H	
EDP		
Strechkod		11107541
KAPR	Ângulo da aresta de corte da ferramenta	90 °
DC	Diâmetro de corte	50 mm
CICT_1	número de pastilhas	7
MTP	código do tipo de fixação	clamp with screw through hole
CUTINT_MASTER_1	parte 2 dos identificadores da interface da pastilha	CoroMill 390 -size 11 (R390-11)
APMX	Profundidade de corte máxima	10 mm
AERMX	razão de largura de corte máxima	1
RMPX	Ângulo máximo de usinagem em rampa	1.5 °
AZ	profundidade máxima de mergulho	1 mm
CPDF	passo diferencial de corte	True
ZEFP	número efetivo de arestas de corte na parte periférica	7
ADINTMS	Direção da interface de adaptação da máquina	Arbor -ISO 6462 -A (hexagon socket head cap screw) -metric: 22
HAND	Sentido	Right
CNSC	Código de entrada de refrigeração	axial concentric entry
DCONMS	diâmetro de conexão do lado da máquina	22 mm
STDNO	numero standard	ISO6462
STDLET	letra standard	A
LF	comprimento funcional	40 mm
GAMF	ângulo de saída radial	-1.2 °
GAMP	ângulo de saída axial	22 °
TQ	torque	1.2 Nm
BMC	Código do material do corpo	Steel
RPMX	rotação máxima	23700 1/min
WT	peso do item	0.3186 kg
SSC_M	Assento da pastilha	11
SSC_N	código do tamanho do assento da pastilha - polegada	11
ValFrom20	Release date	2/1/1999 12:00:00 AM +00:00
RELEASEPACK	ID de liberação do pacote	99.1



Beskrivning		
CoroMill® 390, pastilha para fresamento		
Beställningskod		
ISO	R390-11 T3 08E-NL H13A	
ANSI	R390-11 T3 08E-NL H13A	
EDP		
Streckkod	11577871	
TMC1ISO	Classificação de materiais nível 1	N
CBMD	Designação dos fabricantes do quebra-cavacos	NL
CTPT	Tipo de operação	light
IFS	código de montagem da pastilha	Partly cylindrical, 40-60 deg countersink on one or two sides
D1	diâmetro do furo de fixação	2.8 mm
CUTINT_SIZESHAPE	Formato e tamanho da pastilha	CoroMill 390 -11T3
CEDC	número de arestas de corte	2
W1	Largura da pastilha	6.8 mm
SC	código do formato da pastilha	Rectangular
LE	comprimento efetivo da aresta de corte	10 mm
APMX	Profundidade de corte máxima	10 mm
BS	comprimento da aresta alisadora	1.5 mm
RE	Raio do canto	0.8 mm
KRINS	ângulo da aresta de corte principal	90 °
HAND	Sentido	Right
GRADE	Classe	H13A
SUBSTRATE	Substrato	HW
S	espessura da pastilha	3.59 mm
WT	peso do item	0.00176 kg
SSC_M	Assento da pastilha	11
SSC_N	código do tamanho do assento da pastilha - polegada	11
ValFrom20	Release date	12/2/2002 12:00:00 AM +00:00
RELEASEPACK	ID de liberação do pacote	04.2



## ANEXO II

## Anexo II - Acesso aos Materiais Digitais Complementares

Este anexo disponibiliza o acesso digital aos materiais complementares do presente trabalho, que, devido à sua extensão, não foram incluídos na versão impressa. Os arquivos contêm:

- Hiperligação para download dos softwares utilizados para realização da simulação;
- Ficheiro IPT do desenho em 3D do cabeçote do motor;
- Todos catálogos gerados com a ferramenta e regime de corte para peça simulada;
- Código G completo gerado no pós-processamento.
- Documentação técnica adicional e normas utilizadas.

Os materiais podem ser acessados através da hiperligação abaixo ou escaneando o QR Code:

### Hiperligação para acesso:

[https://1drv.ms/f/c/20e7f3a8dab50f33/EiAYWi8o\\_KVFpbkAXBfBIhcBedL8g-x\\_c46LRbwD5jtAhA?e=REwyle](https://1drv.ms/f/c/20e7f3a8dab50f33/EiAYWi8o_KVFpbkAXBfBIhcBedL8g-x_c46LRbwD5jtAhA?e=REwyle)

### QR Code para acesso:



**Nota:** Caso haja problemas no acesso ao hiperligação, favor entrar em contato pelo correio electrónico: [teldiocalbe@gmail.com](mailto:teldiocalbe@gmail.com)



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

Faculdade de Engenharia

Departamento de Engenharia Mecânica

Parecer do supervisor sobre o trabalho de licenciatura do candidato: **Albino Tédio Calbe**

**Tema: “Metodologia de Simulação de usinagem de superfícies planas e furos num centro de maquinagem através de um software CAD/CAM”**

O candidato pretende criar a geometria da peça e das ferramentas usando um sistema CAD e com base nestas geometrias criar um programa CNC usando um sistema CAM. O candidato usou o Solids Work para criar as geometrias e o Autodesk Inventor CAM para criar o programa CNC e efectuar a respectiva simulação. A peça escolhida para realizar o trabalho é um cabeçote de motor. A presente monografia é composta por duas partes, nomeadamente, a parte pré-textual e a parte textual. A parte textual constitui o corpo principal da monografia e é desenvolvida em 6 Capítulos e contém ainda anexos.

A parte pré-textual comporta agradecimentos, dedicatória, declaração de honra, resumo, índice geral, lista de figuras, lista de tabelas e lista de abreviaturas.

O capítulo I é dedicado à apresentação do trabalho através da descrição dos conceitos de CNC e sistemas CAD/CAM na usinagem de peças de máquinas.

No capítulo II dá-se o estado da arte em termos de aplicação do CNC. Aborda-se neste capítulo as áreas de aplicação do CNC e as vantagens e desvantagens do CNC.

O capítulo III é dedicado aos fundamentos de programação CNC usando os códigos da ISO.

Aborda-se a constituição do programa CNC, a sintaxe dentro dos blocos do programa e ainda se compara a programação manual à programação automática, ou seja, usando o sistema CAM.

O capítulo IV é dedicado ao desenvolvimento da metodologia de simulação usando o Autodesk Inventor CAM.

No capítulo V o candidato efectua uma aplicação da metodologia de simulação desenvolvida nos capítulos anteriores à usinagem do bloco de motor num centro de usinagem.

O capítulo VI é dedicado a apresentação das conclusões e recomendações do trabalho. O candidato indica neste capítulo as conclusões fundamentais do trabalho e dá algumas recomendações.

O trabalho é acompanhado por vários anexos, alguns dos quais bastante extensos, como seja o programa CNC para a usinagem do cabeçote do motor. O outro anexo, também bastante extenso é vídeo da simulação da usinagem do cabeçote do motor.

O supervisor por achar que o trabalho reúne os requisitos necessários para uma monografia de licenciatura em engenharia mecânica, propõe a defesa pública deste trabalho.

Maputo, aos 29 de maio de 2025.



Inácio Lhate