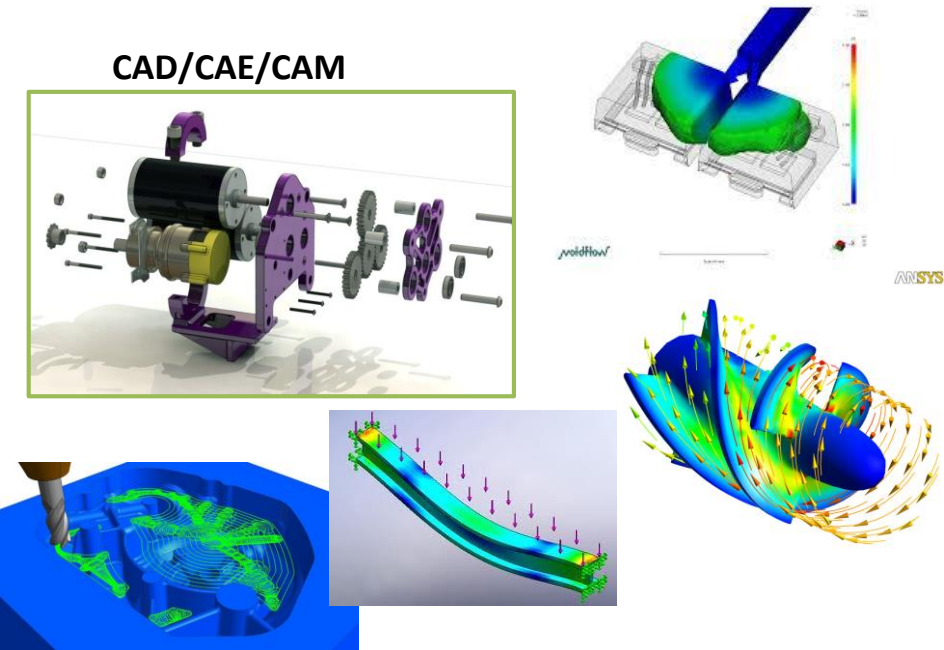


Licenciatura em Engenharia Aeroespacial

LABORATÓRIO DE MANUFATURA

ESAN - LEA – LM – 2º semestre 2023/2024

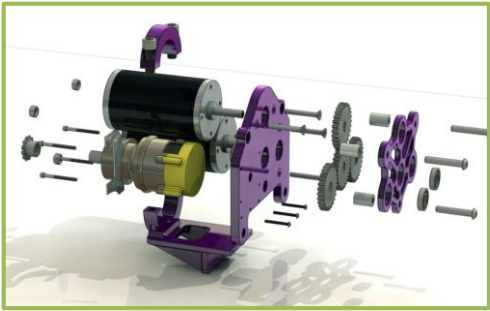
1



ESAN - LEA – LM – 2º semestre 2023/2024

2

CAD/CAE/CAM

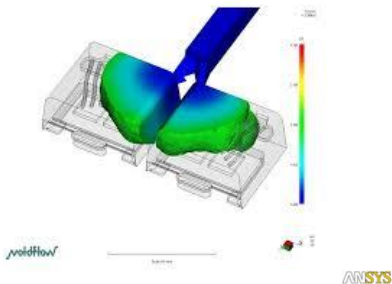


CAD – Computer Aided Design

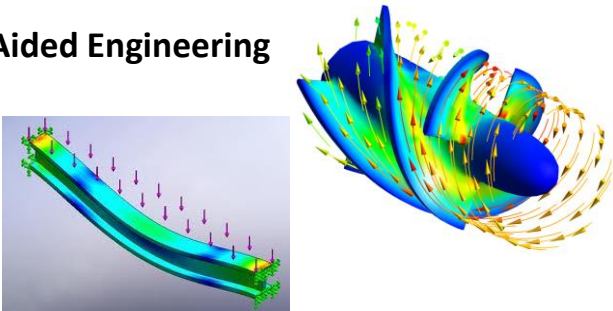
ESAN - LEA – LM – 2º semestre 2023/2024

3

CAD/CAE/CAM



CAE – Computer Aided Engineering

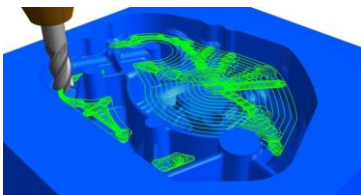


ESAN - LEA – LM – 2º semestre 2023/2024

4

CAD/CAE/CAM

CAM – Computer Aided Manufacturing



ESAN - LEA – LM – 2º semestre 2023/2024

5

CNC?

ESAN - LEA – LM – 2º semestre 2023/2024

6

CNC – Computer Numerical Control

Is the **automation** of machine tools by means of computers executing pre-programmed sequences of machine control commands.

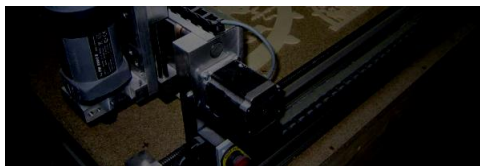
In modern **CNC systems**, the design of a mechanical part and its manufacturing program is highly automated.

The part's geometry and dimensions are defined using **CAD** software, and then translated into manufacturing strategies by **CAM** software. The resulting strategies are transformed (by "**post processor**" software) into the specific commands necessary for a particular machine to produce the component, and then are loaded into the **CNC** machine.

ESAN - LEA - LM - 2º semestre 2023/2024

7

CNC 2D



fresadora CNC 2D



corte plasma

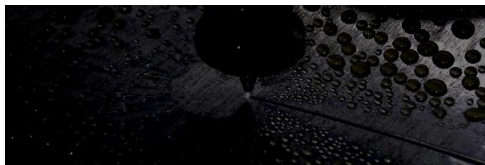


corte laser

ESAN - LEA - LM - 2º semestre 2023/2024

8

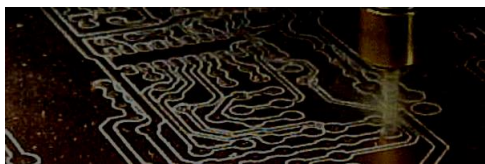
CNC 2D



corte jato de água



erosão por fio



fresadora de PCBs

CNC 2D

desenho 2D do contorno da peça



definição de trajetória de ferramenta

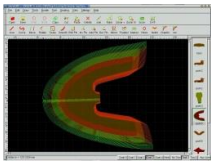
definição de ordem de operações

definição de entradas

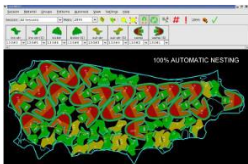
definição de compensação do raio da ferramenta

definição de parâmetros de corte

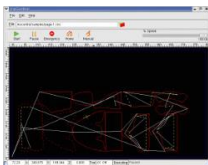
CNC 2D – corte jato de água – powerjet



MinoCAM – software de CAD/CAM para desenho/importação de contorno de corte e definição de trajetória de trabalho



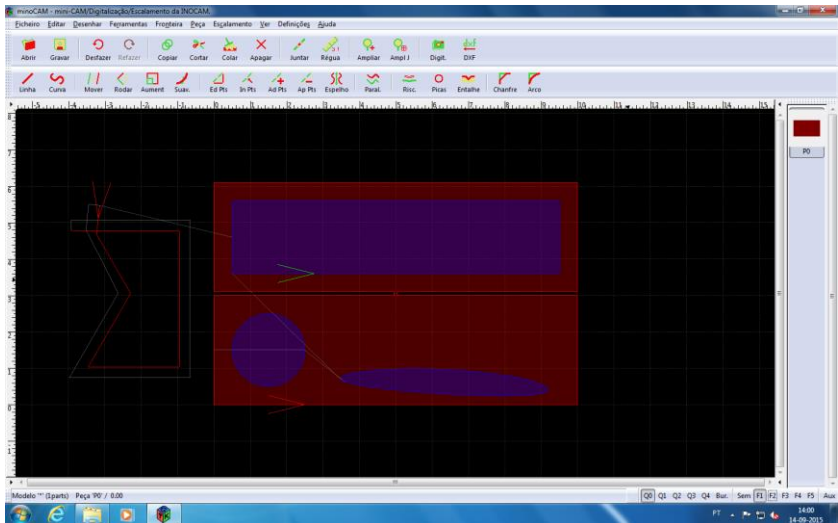
InoNest – software de posicionamento do corte na chapa



InoControl – software de definição e controle de parâmetros de corte

CNC 2D – corte jato de água

<https://www.youtube.com/watch?v=FXk76rWYdEs&t=11s>



CNC 3D

Máquinas CNC



Ferramenteira CNC
Fabrico de peças prismáticas



Torno CNC
Fabrico de peças de revolução

CNC 3D

Máquinas CNC



Eletroerosora CNC
Fabrico de peças com geometrias
difíceis/impossíveis de maquinar

CNC 3D

Máquinas CNC



Centro de maquinagem CNC

Fabrico de peças complexas
Elevada precisão

<https://www.youtube.com/watch?v=FNYEXjRmDtI>

ESAN - LEA - LM - 2º semestre 2023/2024

15

CNC 3D

Máquinas CNC



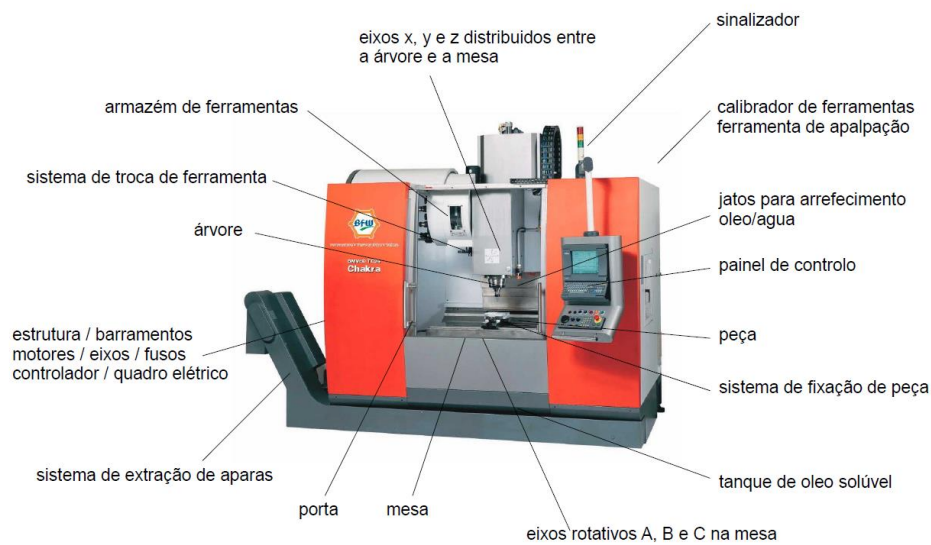
Robô CNC

Fabrico de peças complexas
Baixa precisão

ESAN - LEA - LM - 2º semestre 2023/2024

16

Centro de maquinagem CNC



ESAN - LEA – LM – 2º semestre 2023/2024

17

Ferramentas - furação



brocas de aço rápido



brocas de metal duro

ESAN - LEA – LM – 2º semestre 2023/2024

18

Ferramentas - furação



brocas de pastilhas



brocas de escarear

Ferramentas - furação



macho abrir rosca



brocas de ponto

Ferramentas - fresagem



fresa de pastilhas



fresa de metal duro

Ferramentas - fixação da ferramenta



porta-pinças aperto mecânico



porta-pinças aperto hidráulico

Ferramentas - fixação da ferramenta



porta fresa



porta fresa tipo weldon

ESAN - LEA – LM – 2º semestre 2023/2024

Ferramentas - fixação da ferramenta



cone térmico



bucha

ESAN - LEA – LM – 2º semestre 2023/2024

Ferramentas - acoplamento da ferramenta



cone SK

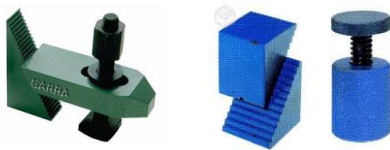


cone HSK

Ferramentas - fixação da peça



prensa



grampos e calços

Ferramentas - fixação da peça



mesa magnética



Sistemas de aperto normalizados

ESAN - LEA - LM - 2º semestre 2023/2024

27

CNC – programação ISO

estudo da peça

geometria, material, tolerâncias, acabamento, quantidade

preparação

operações a realizar, condições de corte, máquinas necessárias

sistema de fixação da peça

referências, apertos, atravancamentos

seleção de ferramentas de corte

ferramentas de furação, ferramentas de fresagem, outras

condições de corte

otimização das ferramentas, velocidade de rotação, velocidade de avanço, velocidade de mergulho
velocidade de movimento rápido, passo lateral, passo vertical, sobre-espessura para acabamento

escrita do programa

estabelecer zero peça, percurso da ferramenta

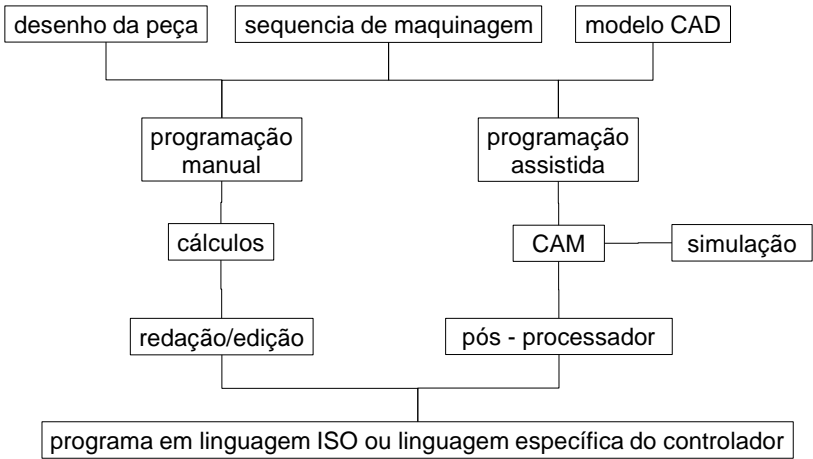
ESAN - LEA - LM - 2º semestre 2023/2024

28

CNC – programação ISO

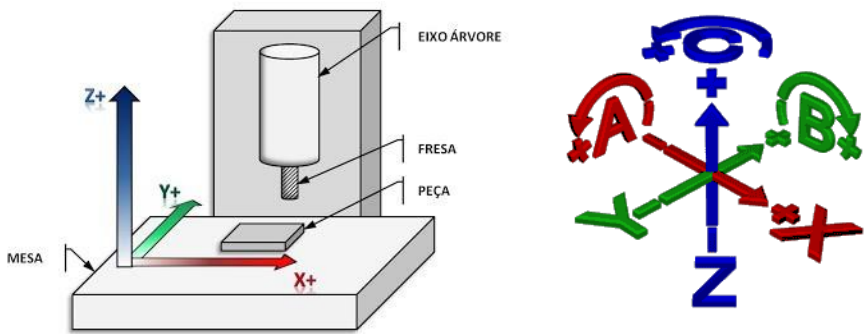
- introdução do programa
 - manualmente, através de rede
- preparação da máquina
 - montagem de ferramentas, calibração de ferramentas, aperto da peça, referenciação da peça
- teste de programa
 - correr programa no ar, passagem das ferramentas
- correr programa
 - fabricao da peça, monitorização das condições de corte
- repetir programa
 - produção em série

CNC – programação ISO



CNC – programação ISO

eixos da máquina



CNC – programação ISO

termos de programação
cada linha de programação é composta por termos formados por uma letra (função) e um número (valor)

N	nº de sequência
X, Y, Z, A, B, C	eixo do movimento
G	função preparatória
M	função auxiliar
F	velocidade de avanço
S	velocidade de rotação
I, J, K	posição do centro para interpolação circular
T	número de ferramenta
H	correção de ferramenta

CNC – programação ISO

Crash Course in Milling: Chapter 1
 Crash Course in Milling: Chapter 2
 Crash Course in Milling: Chapter 3
 Crash Course in Milling: Chapter 4
 Crash Course in Milling: Chapter 5
 Crash Course in Milling: Chapter 6
 Crash Course in Milling: Chapter 7
 Crash Course in Milling: Chapter 8
 Crash Course in Milling: Chapter 9

<https://www.youtube.com/watch?v=U99asuDT97I&index=1&list=PL486A5B7E131331DF>

ESAN - LEA - LM - 2º semestre 2023/2024

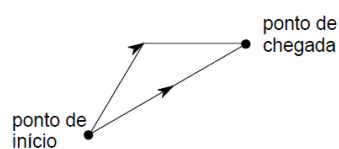
33

CNC – programação ISO

G00 – movimento rápido

movimento de ponto de início para ponto de chegada sem controlo de posição

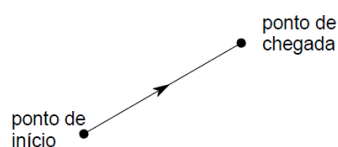
ex. N10 G00 X100 Y50 Z60



G01 – interpolação linear

movimento de ponto de início para ponto de chegada em linha reta

ex. N20 G01 X120 Y50 Z40 F500



ESAN - LEA - LM - 2º semestre 2023/2024

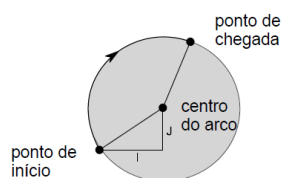
34

CNC – programação ISO

G02 – interpolação circular

movimento de ponto de início para ponto de chegada em movimento circular no sentido horário

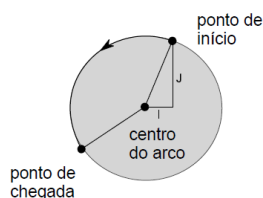
ex. N30 G02 X150 Y80 I20 J15
ex. N35 G02 X150 Y80 R25



G03 – interpolação circular

movimento de ponto de início para ponto de chegada em movimento circular no sentido anti horário

ex. N40 G03 X120 Y50 I-20 J-15
ex. N45 G03 X120 Y50 R25



ESAN - LEA - LM - 2º semestre 2023/2024

35

CNC – programação ISO

M0 – paragem do programa

paragem da rotação da árvore e refrigeração

M2 ou M30 – paragem do programa

paragem da rotação da árvore e refrigeração e volta à primeira linha

M3 – rotação da árvore no sentido horário

M4 – rotação da árvore no sentido antihorário

M5 – paragem da rotação da árvore

ESAN - LEA - LM - 2º semestre 2023/2024

36

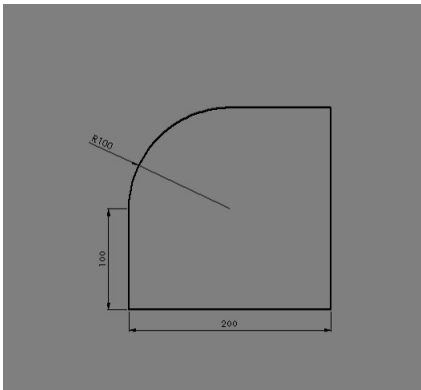
CNC – programação ISO

M8 – liga óleo de refrigeração

M25 – liga refrigeração a ar

M9 – desliga refrigeração

CNC – programação ISO



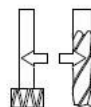
```
N10 G00 Z110
N20 G00 X000 Y000
N30 M03 M08
N40 G01 Z000
N50 G01 X200
N60 G01 Y200
N70 G01 X100
N80 G03 X00 Y100 R100 (ou G03 X00 Y100 I000 J-100)
N90 G01 Y000
N100 G01 Z110
N110 M2
```

CNC – programação ISO

M6 – troca de ferramenta

troca a ferramenta (para a árvore)

ex. N60 M6 T2



G43 – compensação do comprimento da ferramenta

compensa a alteração do comprimento da ferramenta

ex. N70 M6 T8 G43 H8

G40, G41 e G42 – compensação do raio da ferramenta

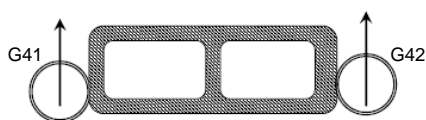
cancela, adiciona compensação automática do raio da ferramenta à esquerda ou direita

ESAN - LEA - LM - 2º semestre 2023/2024

39

CNC – programação ISO

G40 – cancela compensação do raio



G41 – compensação esquerda do contorno

G42 – compensação direita do contorno

compensação automática do raio da ferramenta

o comando deve ser seguido de um movimento linear com comprimento maior que o raio
a compensação é sempre realizada perpendicularmente ao movimento da ferramenta
a compensação não deve ser utilizada em degraus com altura inferior ao raio da ferramenta

ex. N80 G41 G01 Y100 D8

ESAN - LEA - LM - 2º semestre 2023/2024

40

CNC – programação ISO ou código G

<https://www.cimco.com/software/cimco-edit/overview/>

<https://diy.haascnc.com/how-productivity-and-programming-solutions>

<http://camotics.org/manual.html#playback>

<https://ncviewer.com/>

<https://nraynaud.github.io/webgcode/>