

PMR3411 - Projeto de Máquinas

Mecatrônica - EPUSP

Subsistemas básicos de uma máquina CNC

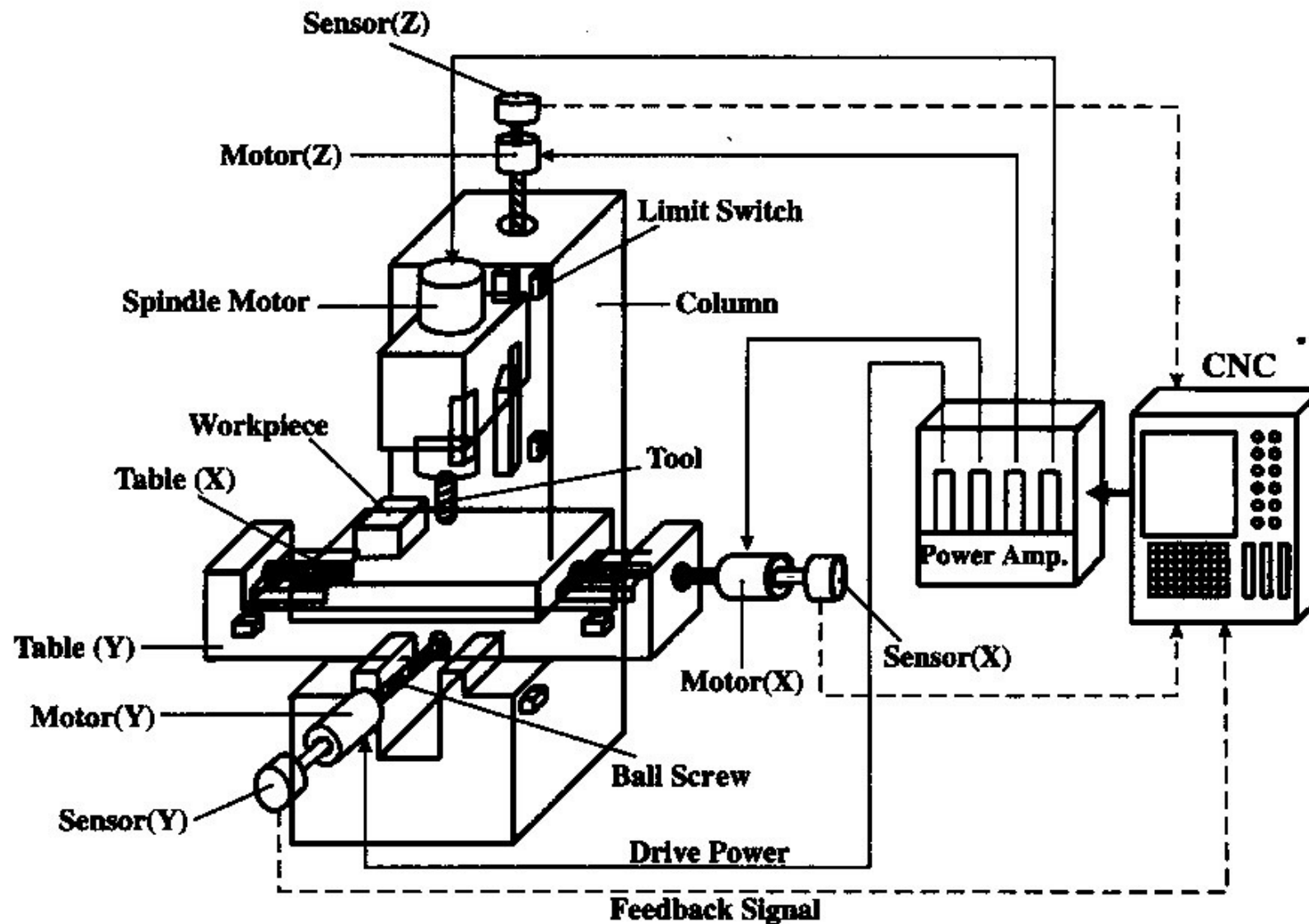
Gilberto F. Martha de Souza

Julio Cezar Adamowski

agosto/2023

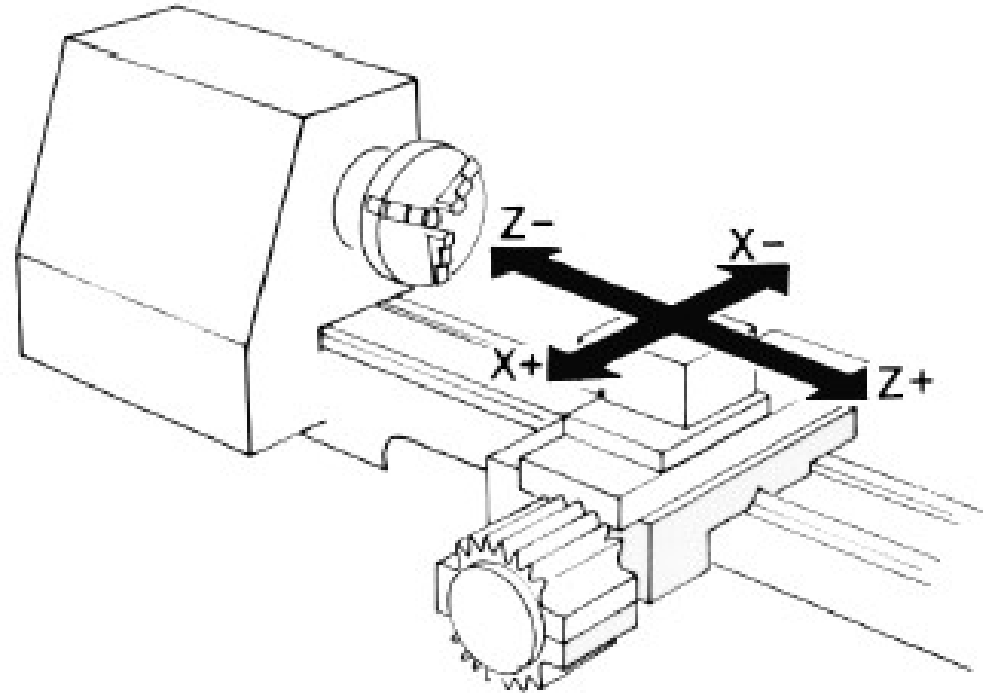
Diagrama de blocos de uma máquina CNC

Fresadora 3 eixos: três translações



3 eixos controlados: x, y e z

Torno: duas translações, uma rotação



2 eixos controlados: x e z

Sincronização de movimento da rotação com as translações

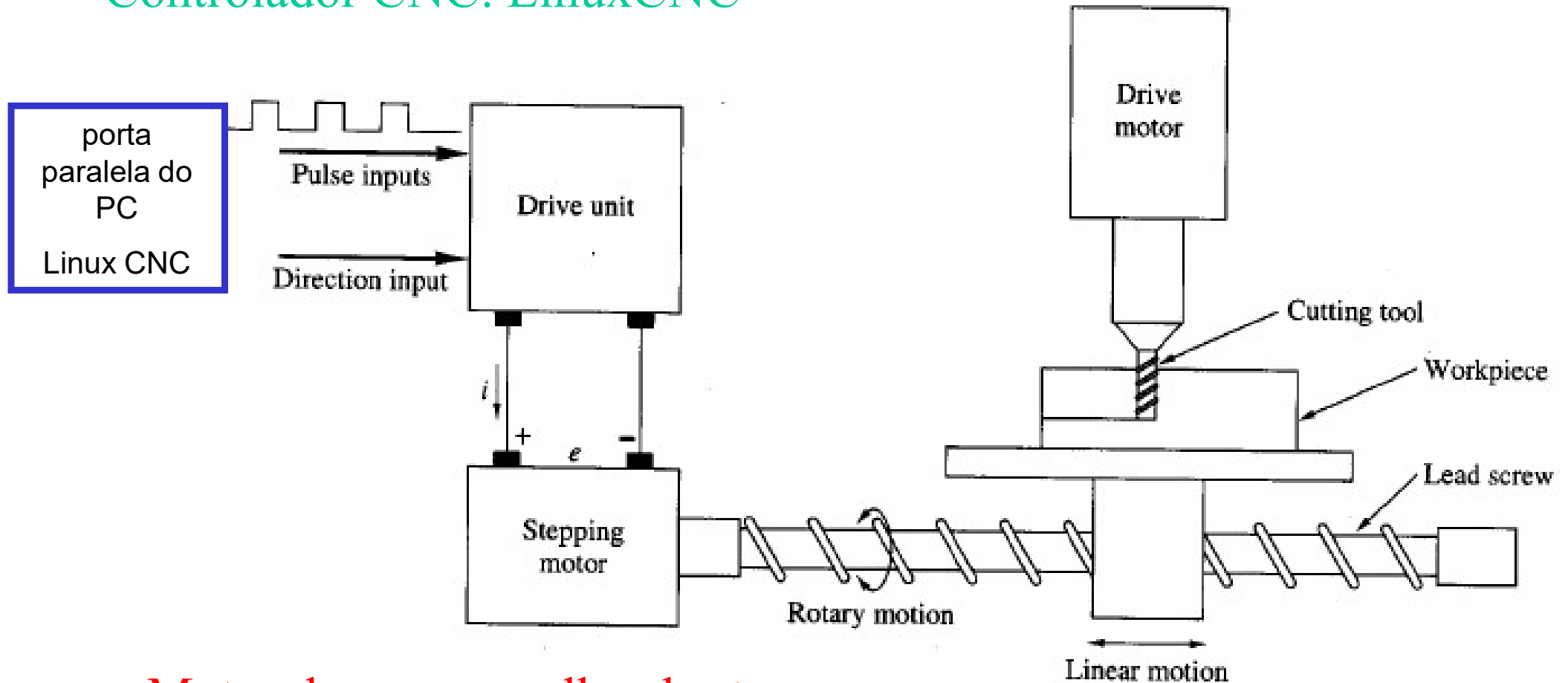
sensor angular: encoder óptico

Sistema de Movimentação

Mecânica, eletrônica, motores, sensores

Forças inerciais
Forças de usinagem
Velocidades

Controlador CNC: LinuxCNC



Motor de passo: malha aberta

Estrutura mecânica

Loop estrutural

rigidez

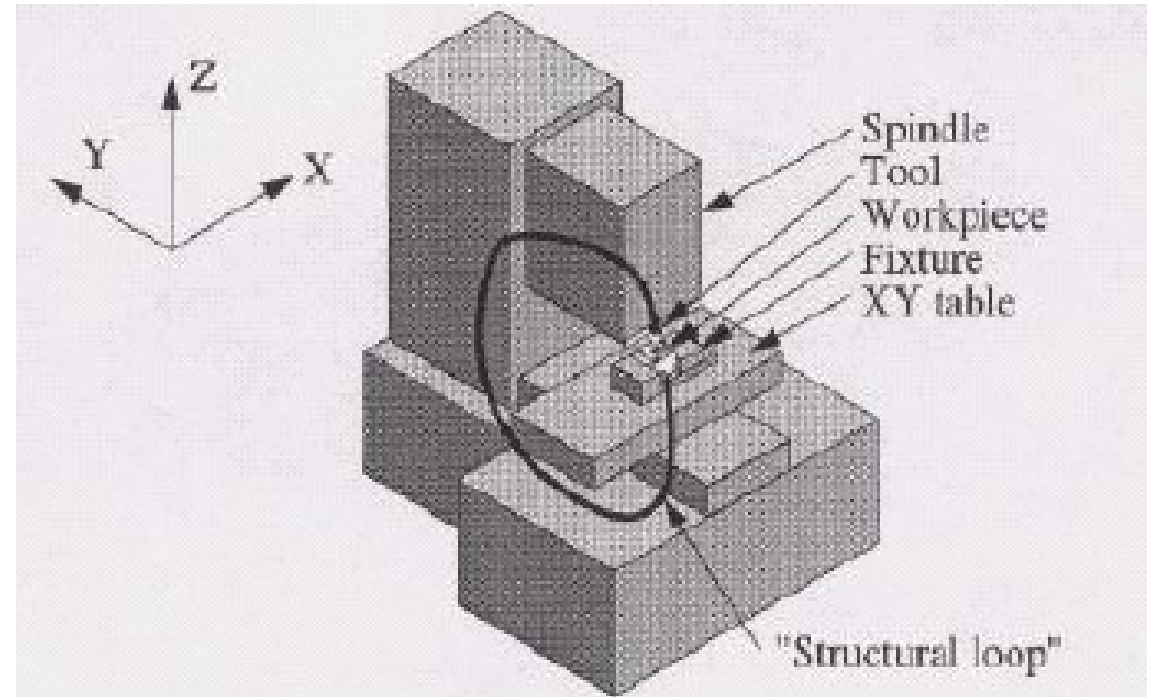
massa

frequência natural

Princípios de projeto de máquinas de precisão

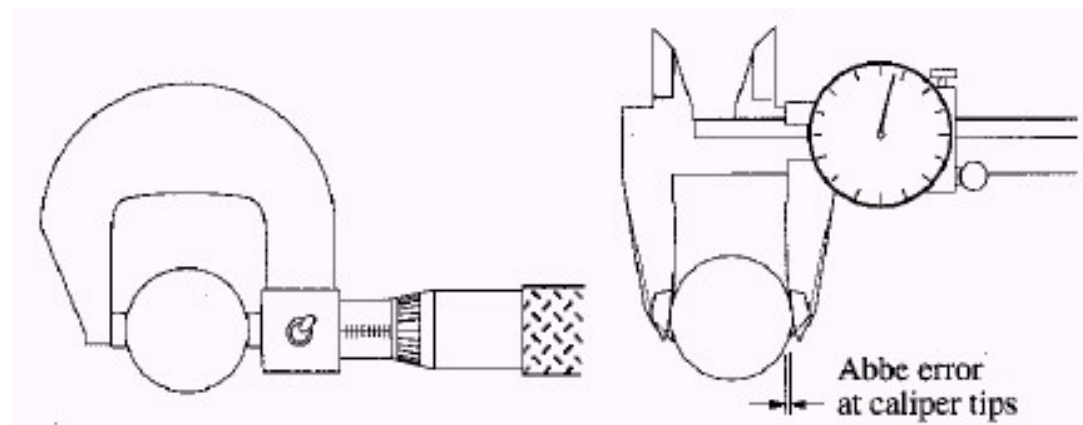
→ minimização de erros

Reduzir: atrito e folga



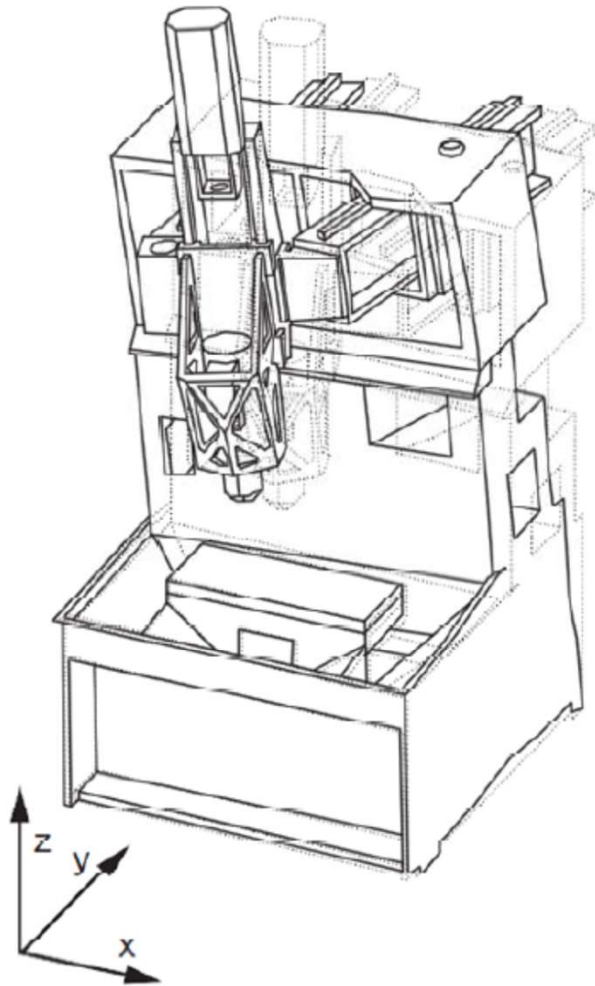
Livro: Precision Machine Design do prof. Slocum

Erro de Abbe

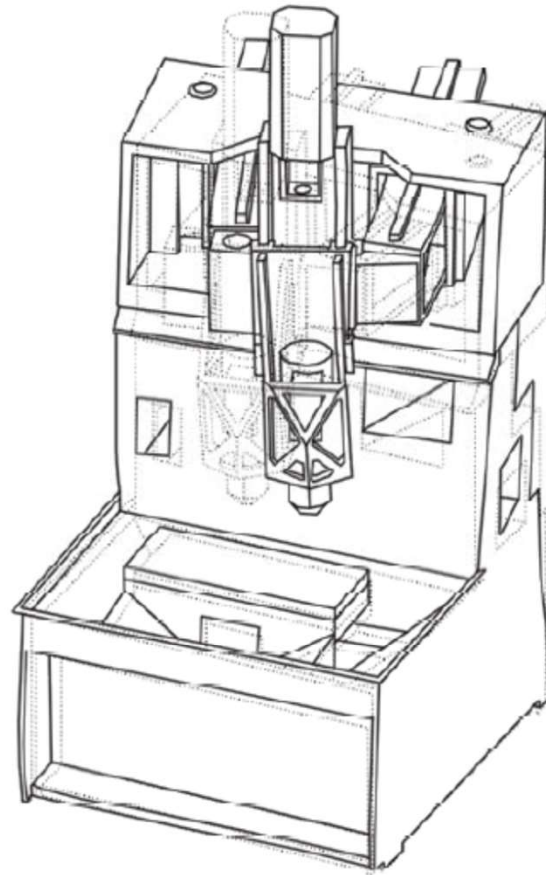


Modos de vibrar e frequências naturais

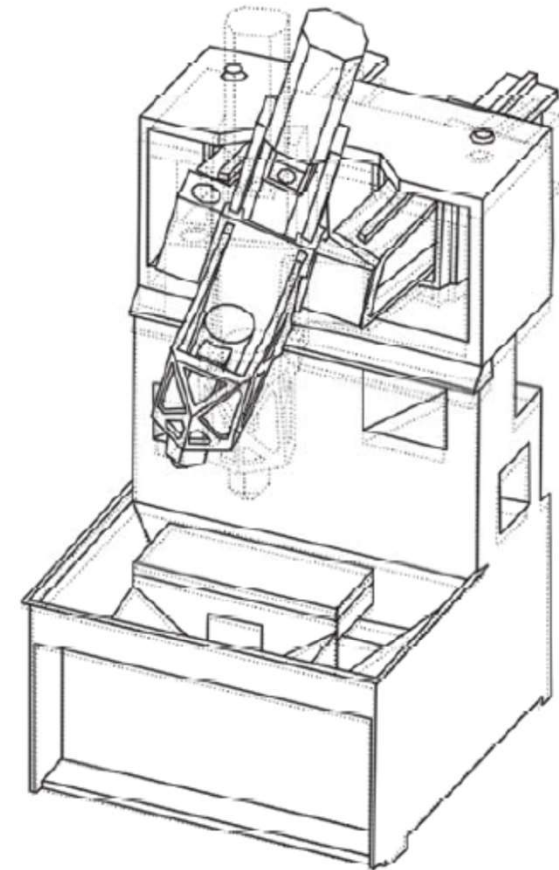
Natural Frequency: 42.4 Hz



Natural Frequency: 73.4 Hz



Natural Frequency: 102 Hz



Estruturas de máquinas

Estruturas estáticas e móveis

Rigidez e massa

→ modos de vibrar

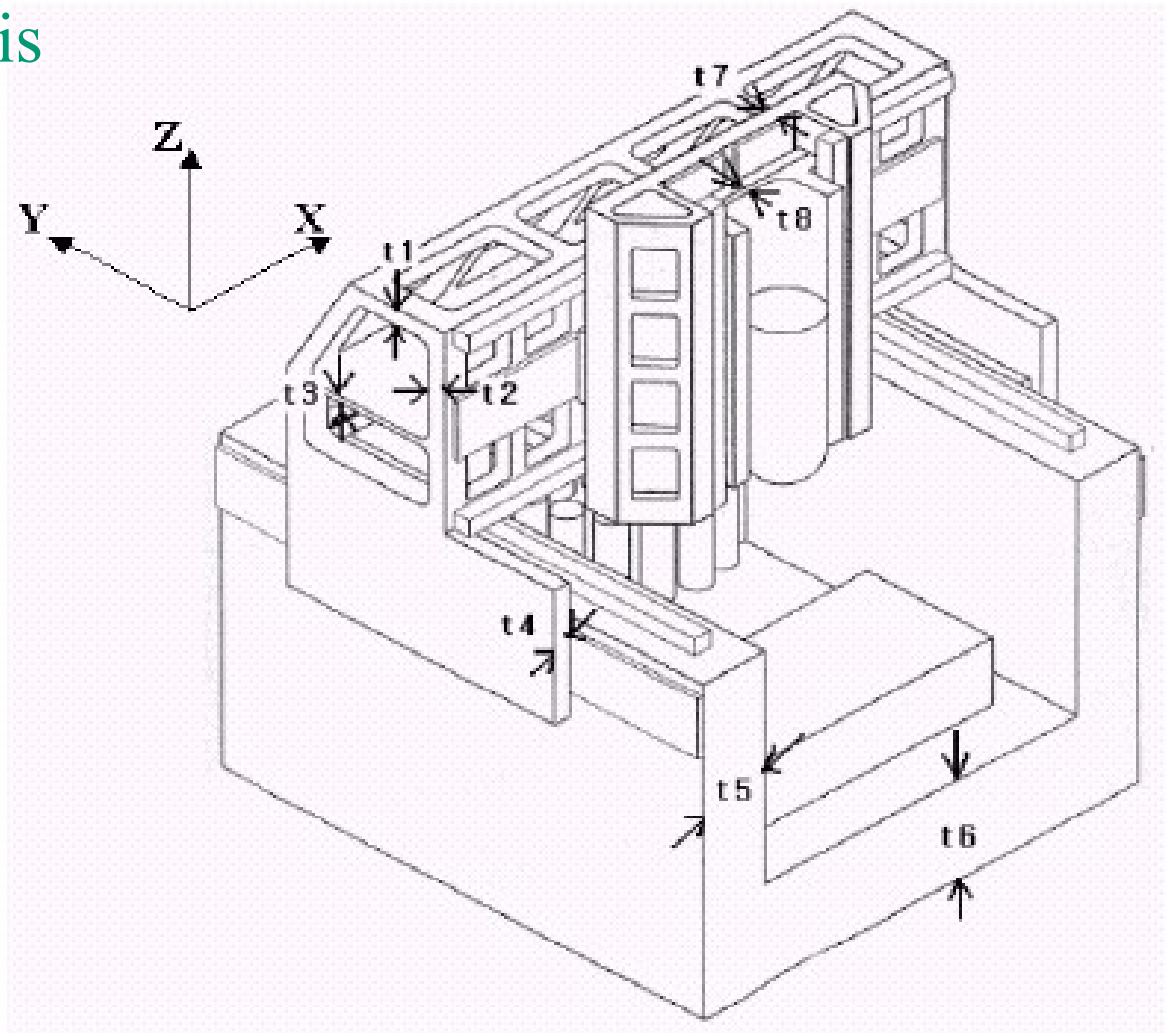
Sistema massa/mola

amortecimento?

Materiais

rigidez, massa

resistência mecânica do material?



Exemplo de estrutura

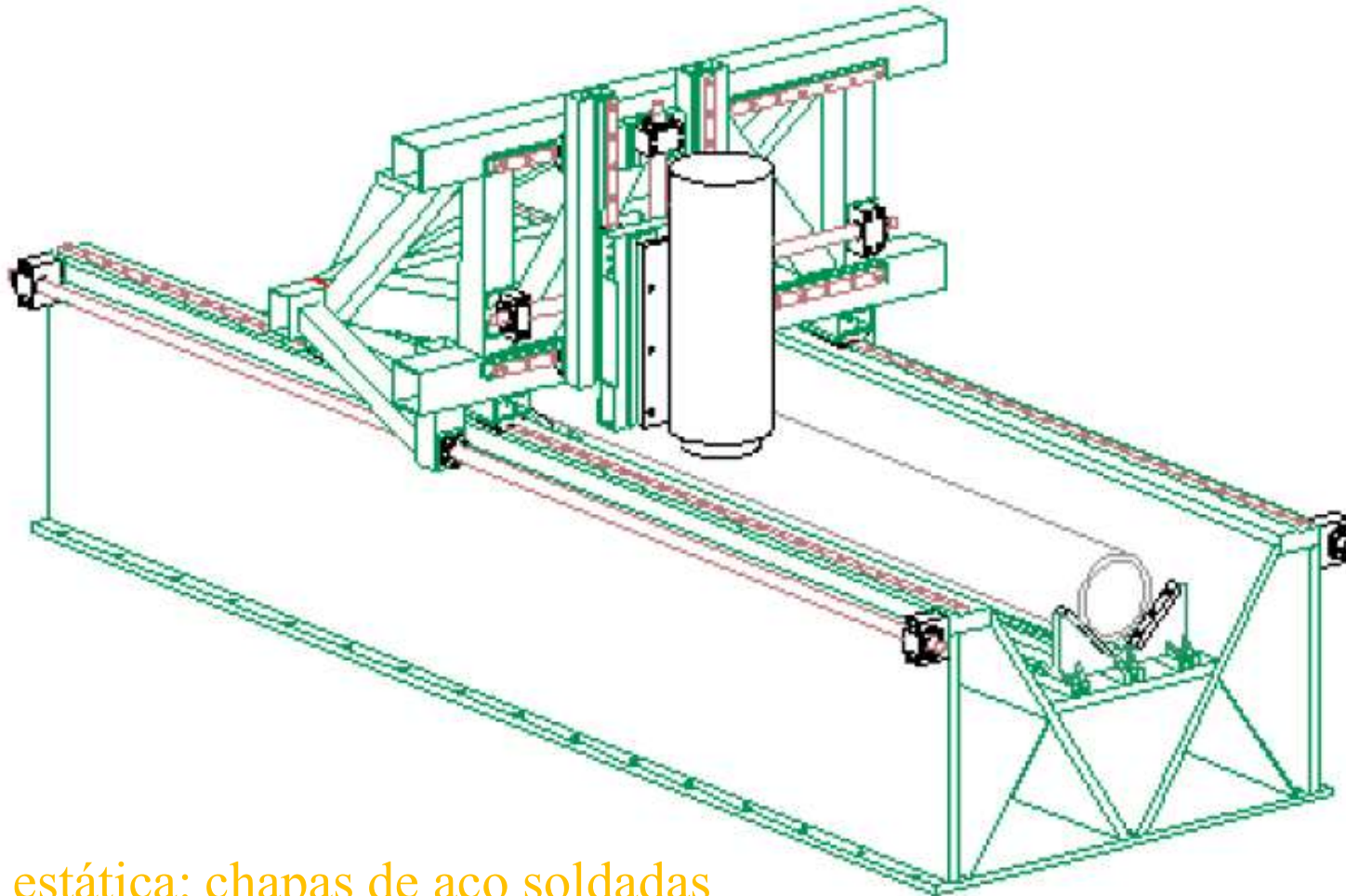
estrutura estática



ferro fundido

Exemplo de estrutura

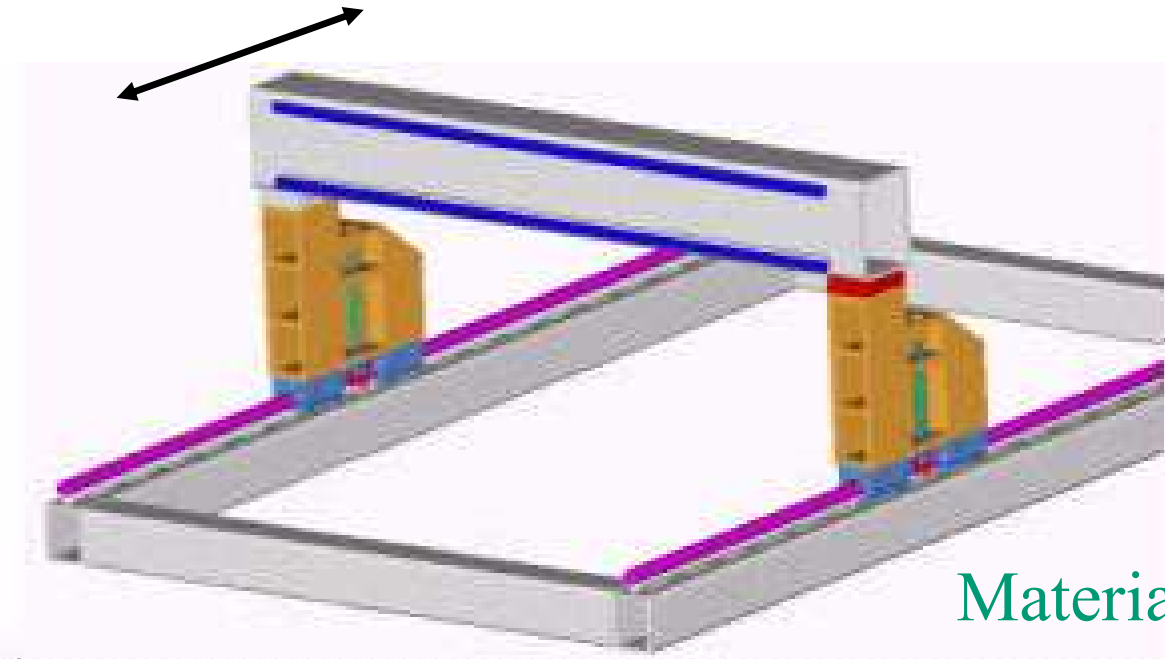
Estruturas estática e móvel



Estrutura estática: chapas de aço soldadas

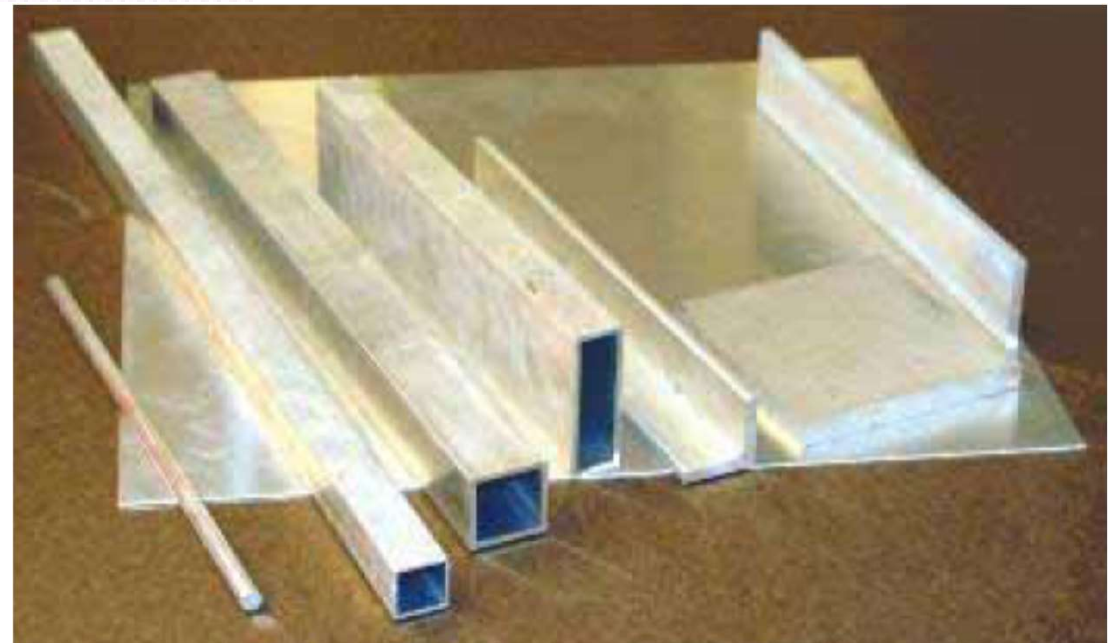
Estrutura móvel: tubos de aço soldados

Estrutura com perfis tubulares



Materiais: aço e alumínio

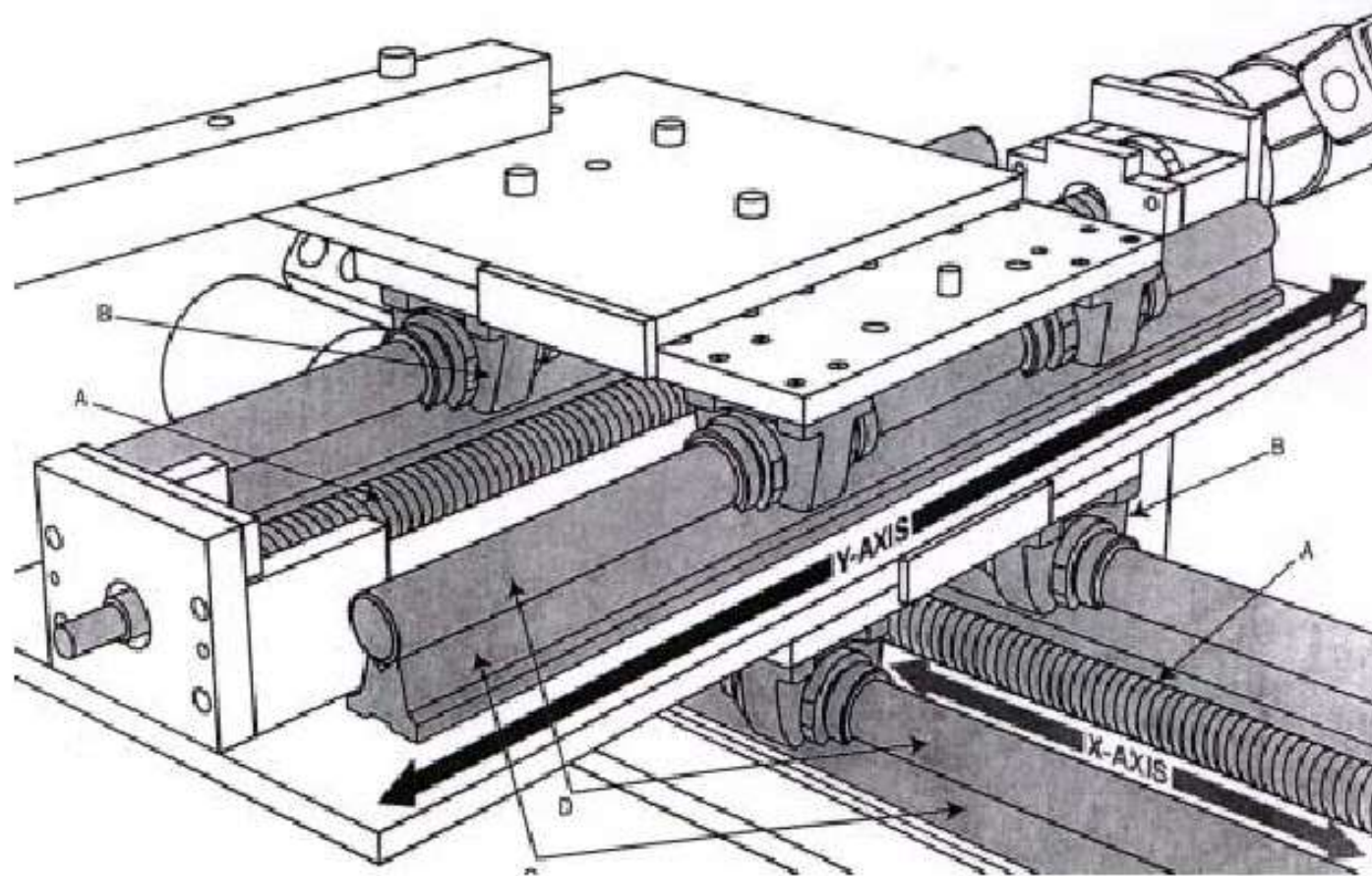
Montagem:
solda e parafuso



tubos, perfis, chapas, etc

Exemplo de mesa XY

Guias lineares e fuso de esferas recirculantes



A – fuso com esferas recirculantes

B – Mancal com esferas recirculantes

C – Apoio da Guia Linear

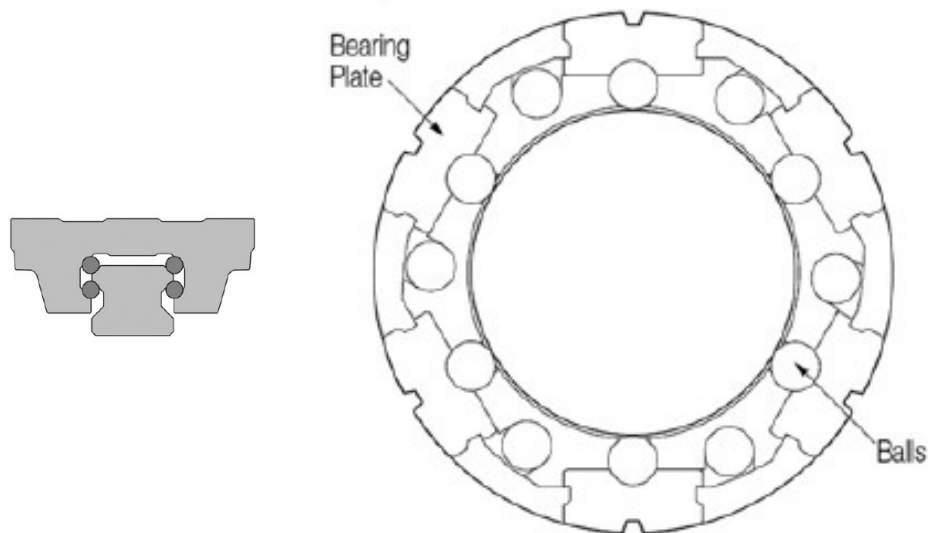
D – Guia Linear

Guias lineares

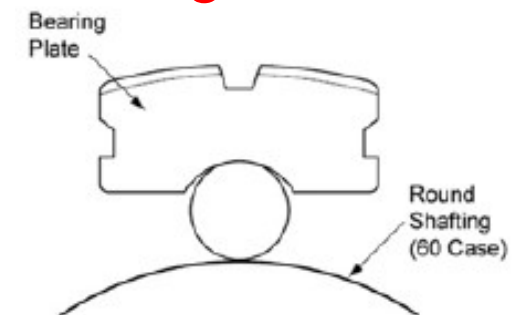
esferas recirculantes:
guias cilíndricas e prismáticas



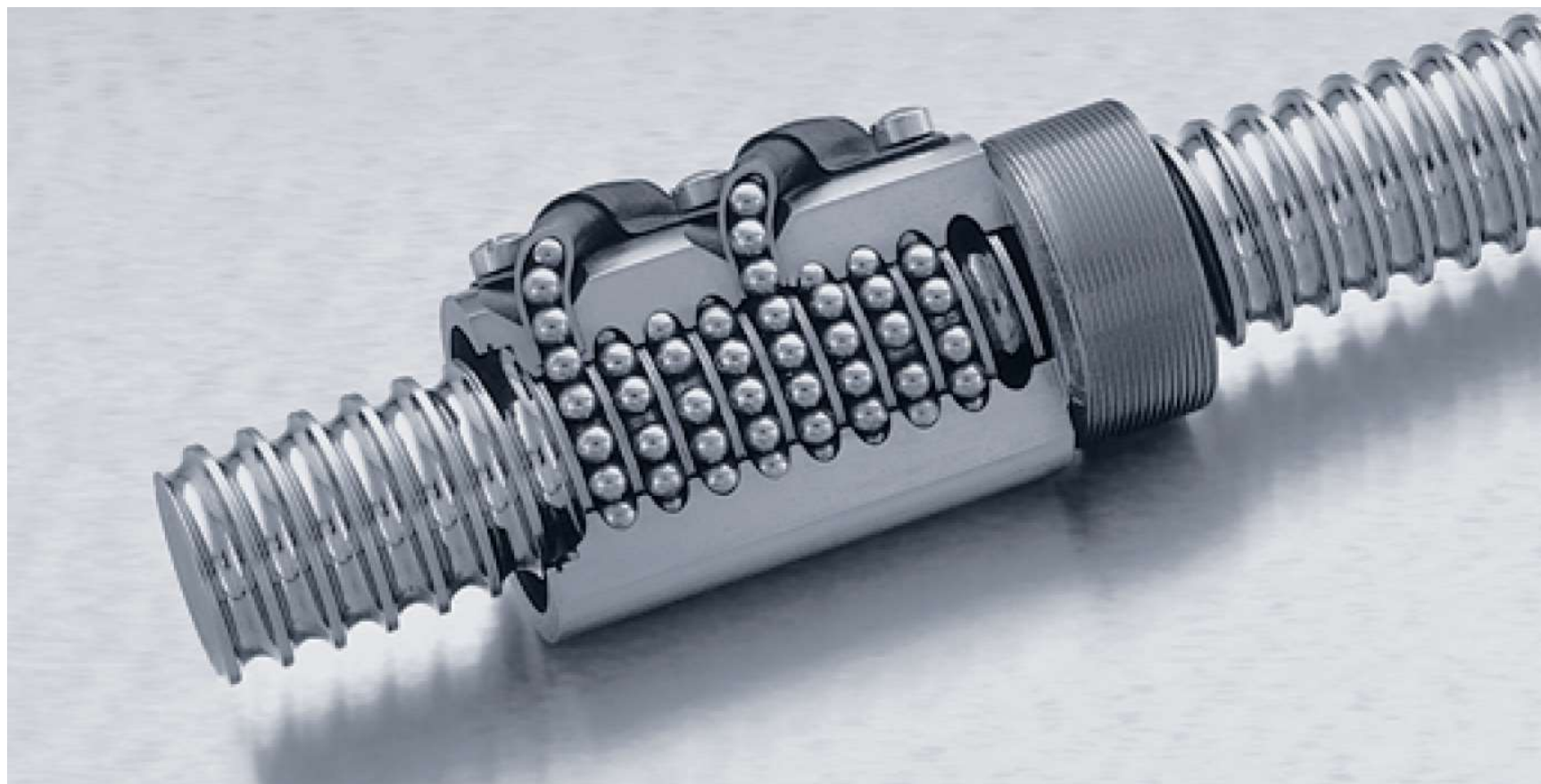
Capacidade de carga dos dois tipos de guias



Contato na guia cilíndrica



Fuso com castanha de esferas recirculantes



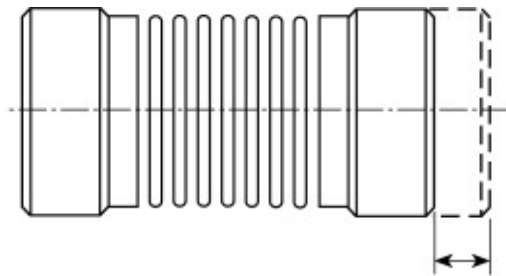
Acoplamento elástico

→ união dos eixos: motor e fuso

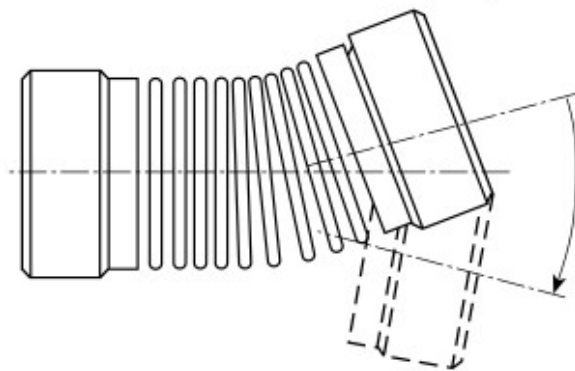
Especificações:

torque, rigidez torsional

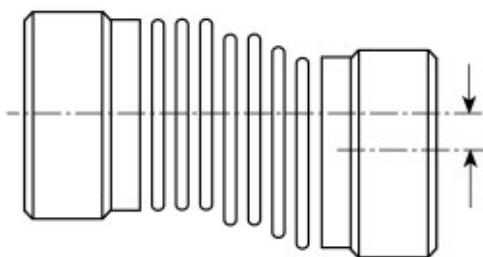
máximas deflexões permitidas



axial

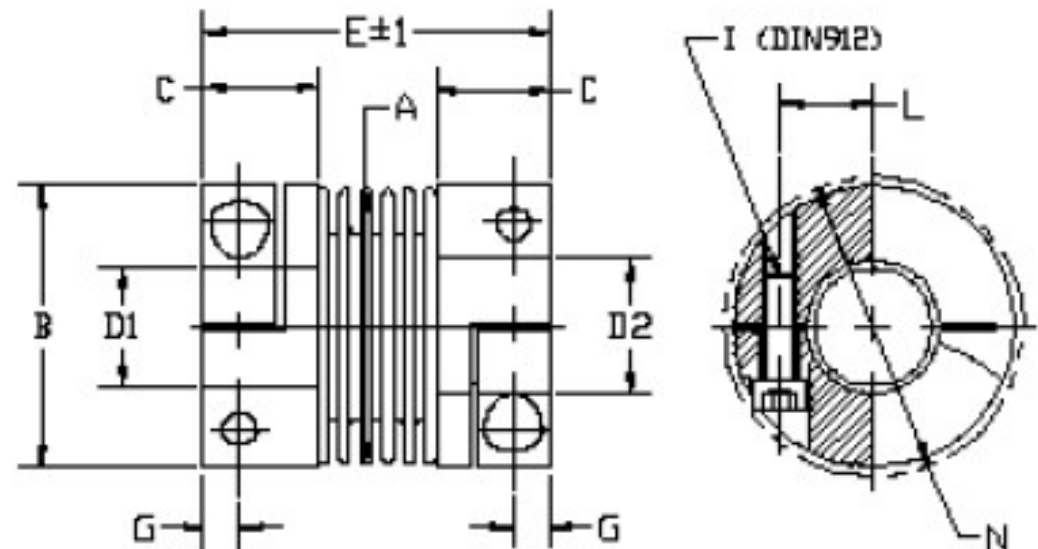


angular



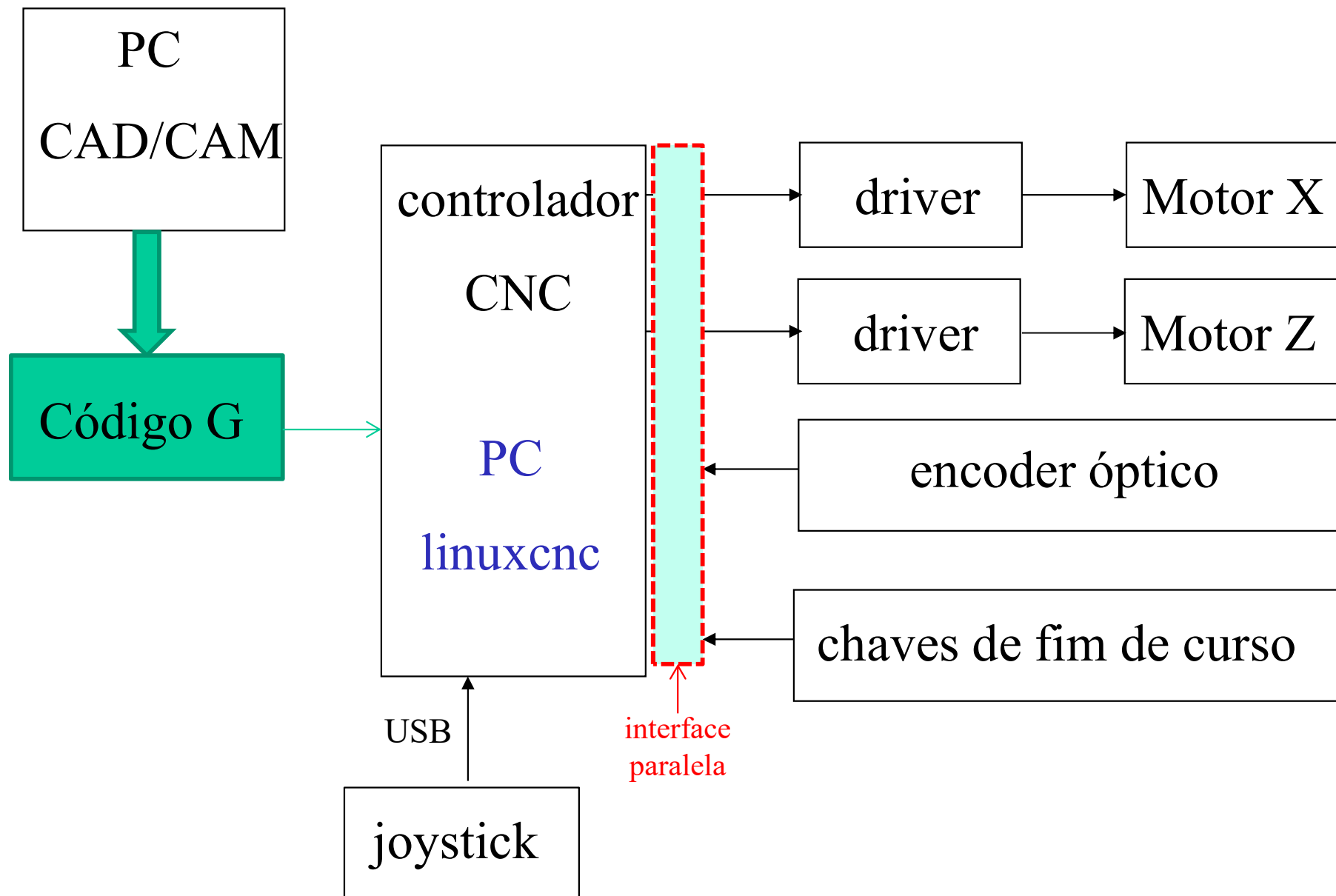
transversal

dimensões

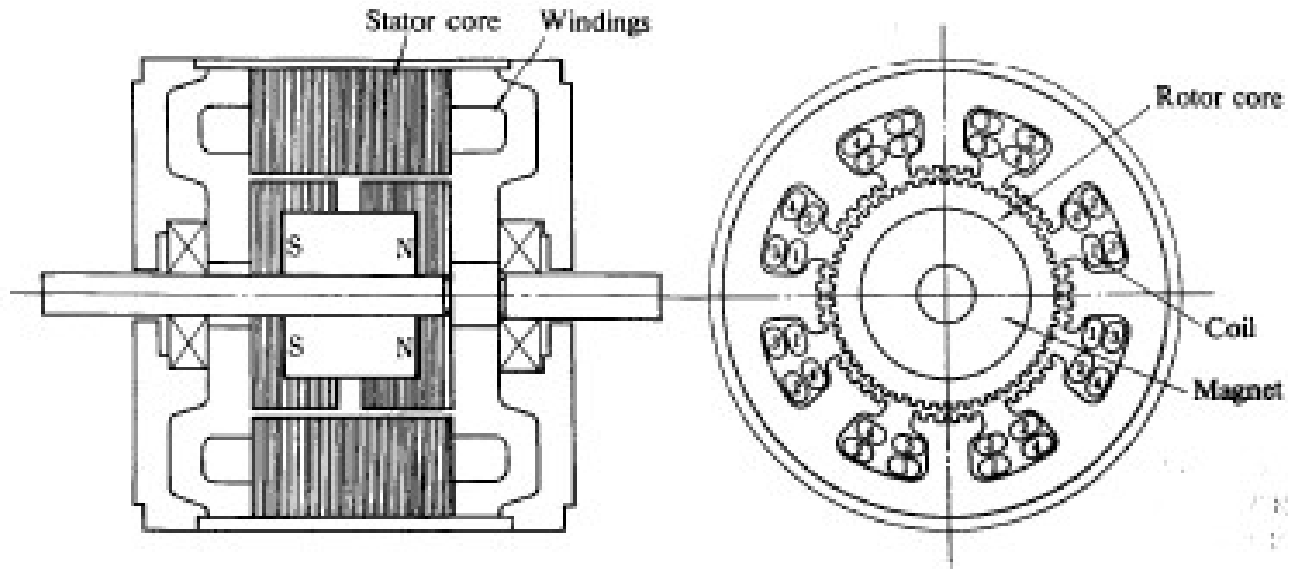


Controlador CNC

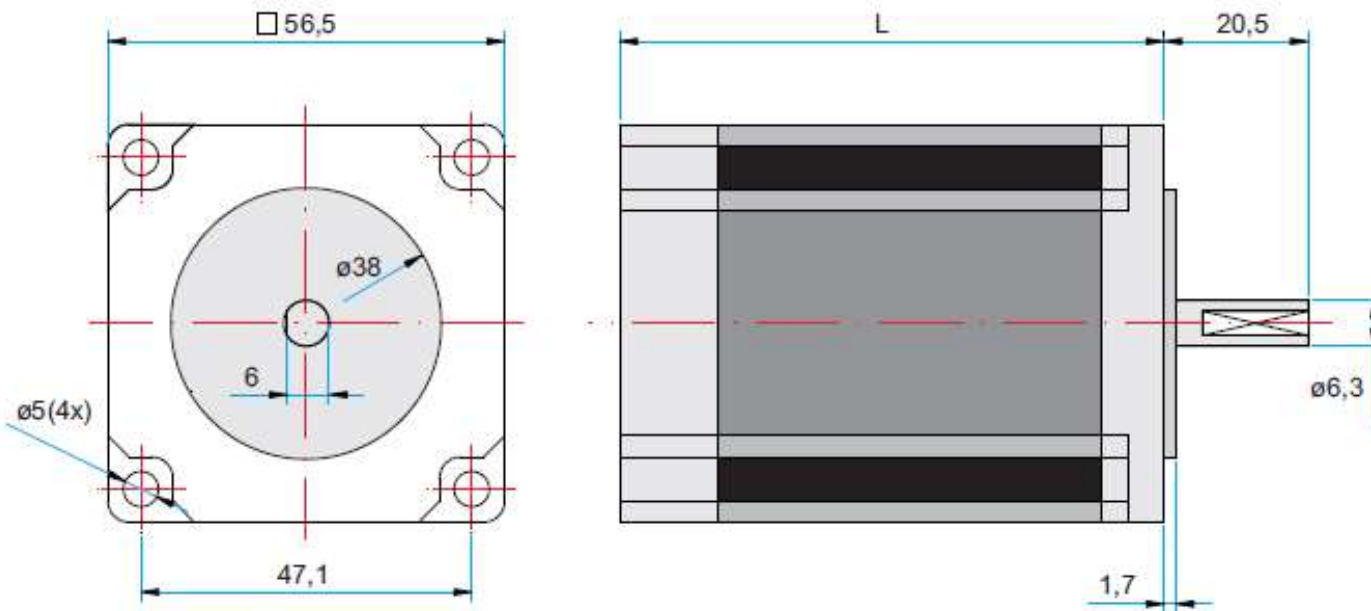
Diagrama de blocos da nossa Máquina CNC



Motor de passo



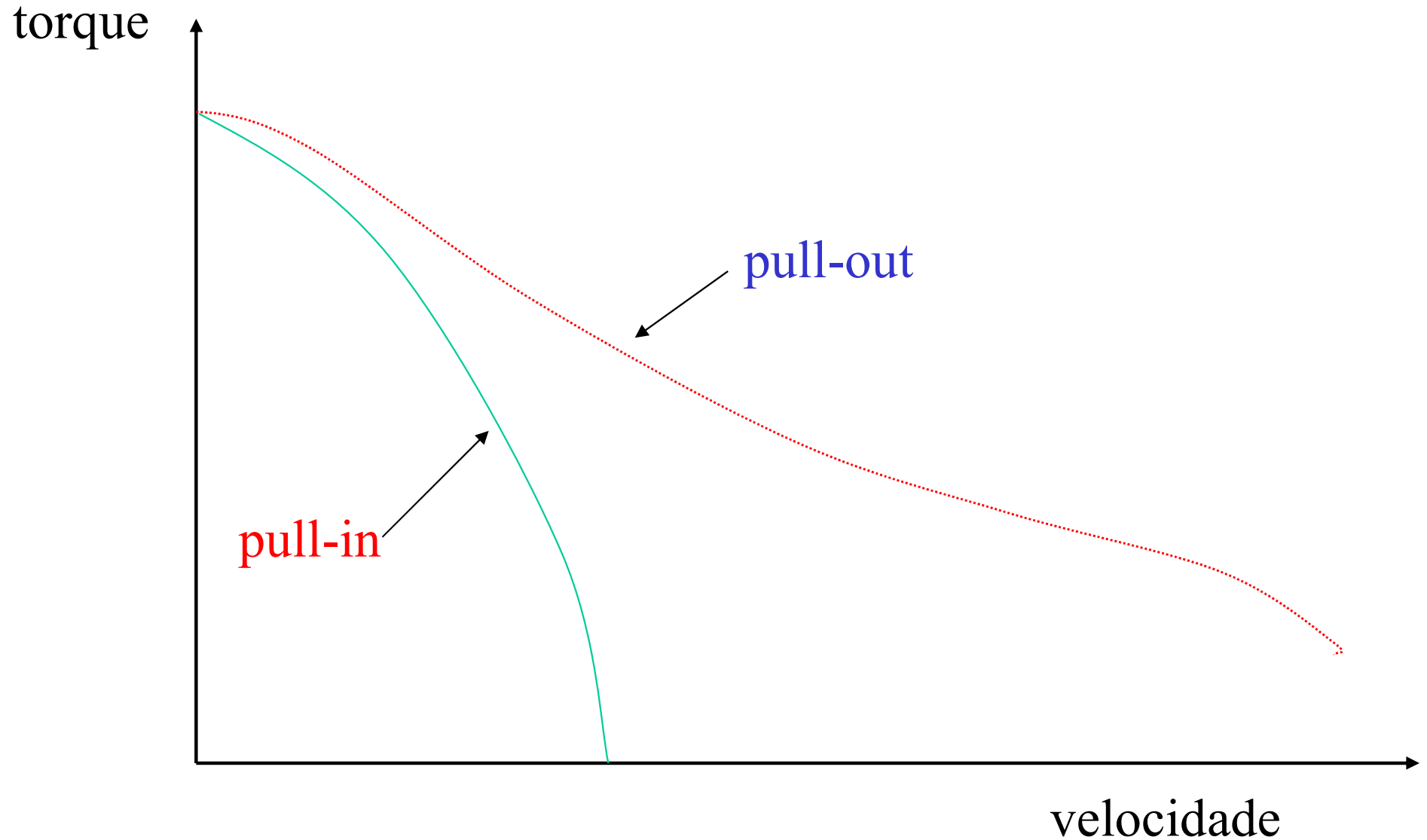
Nosso motor (HT23-401)



Torque estático: 1,8 Nm

Curva torque x velocidade: motor de passo

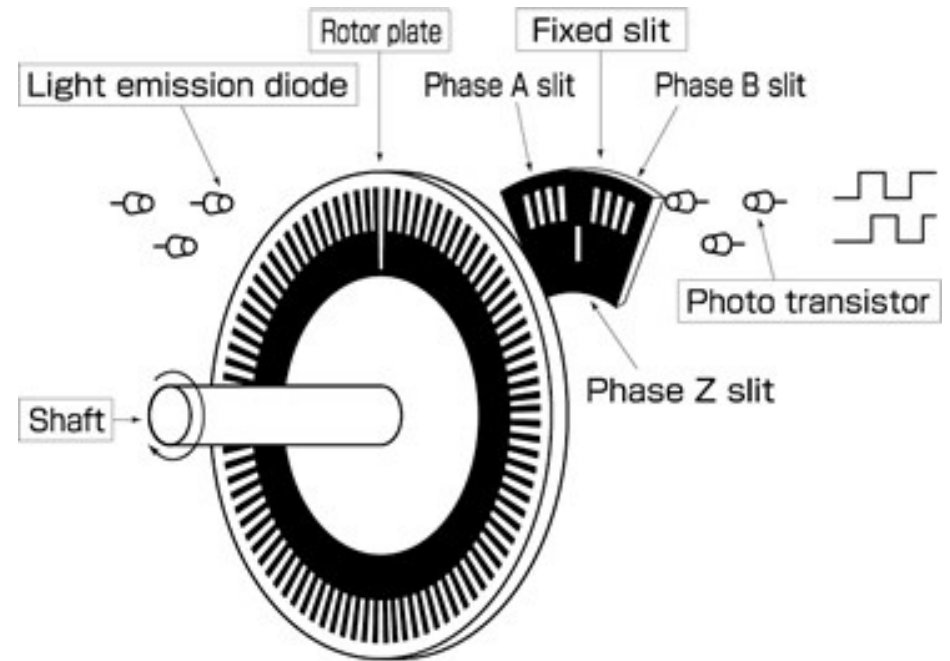
Depende do tipo de acionamento eletrônico



Acoplamento motor - carga

Encoder óptico

Sensor de posição angular

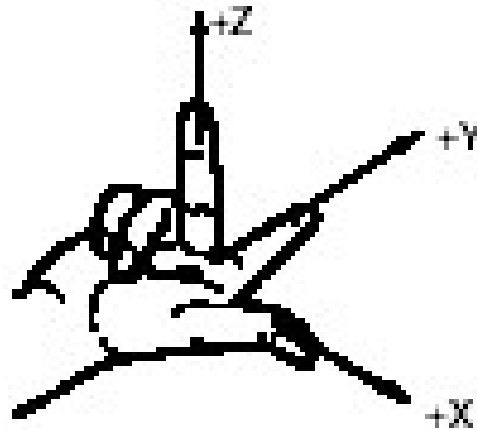


Incremental Encoder Simplified Structure

Encoder: canais A e B com 200 pulsos/volta e pulso indicar de volta completa

Sistemas de coordenadas

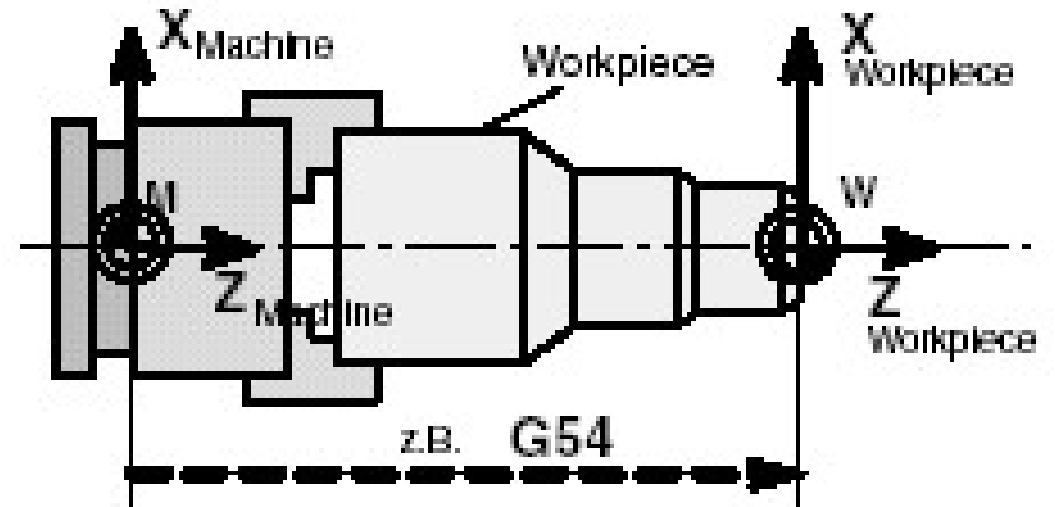
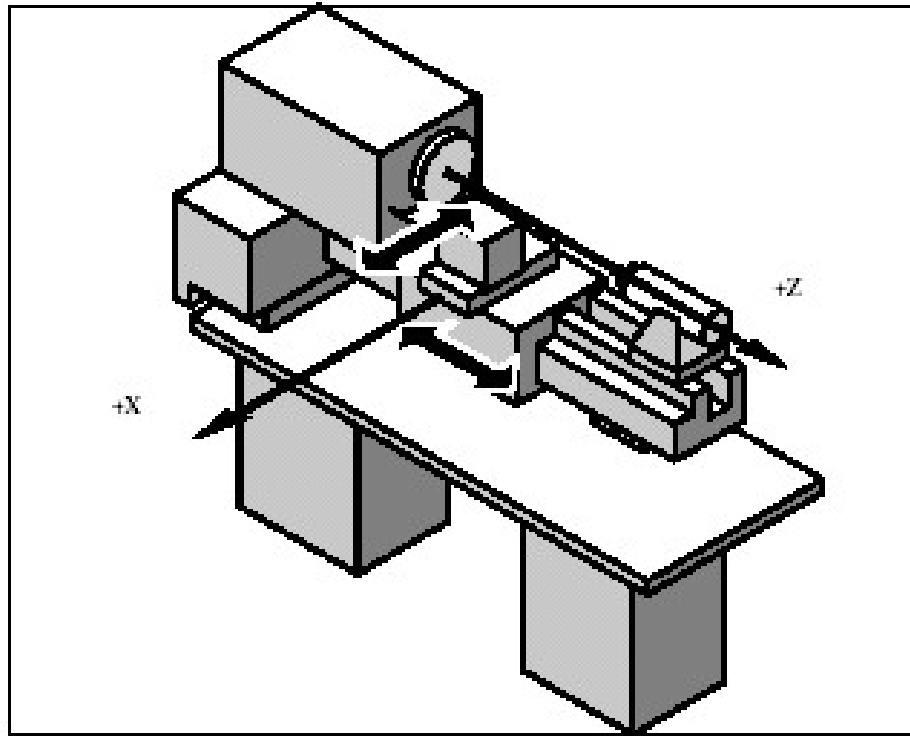
Regra da mão direita



Sistema de coordenadas da máquina: definida pelo fabricante

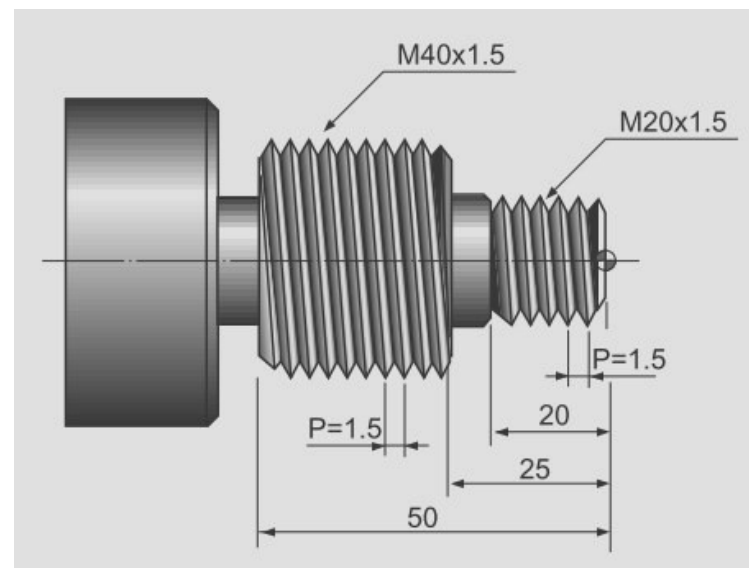
Sistema de coordenadas da peça: definida pelo operador

Torno



Nossa máquina: somente sistema de coordenadas da peça

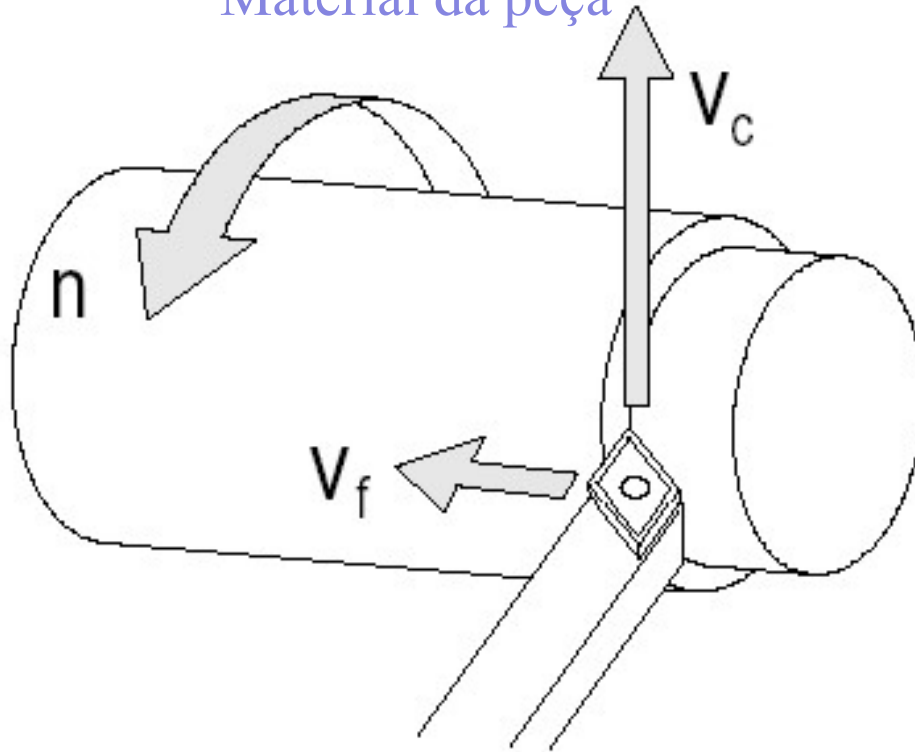
Usinagem de roscas



Parâmetros de usinagem

Forças envolvidas

Material da peça



n = rotação

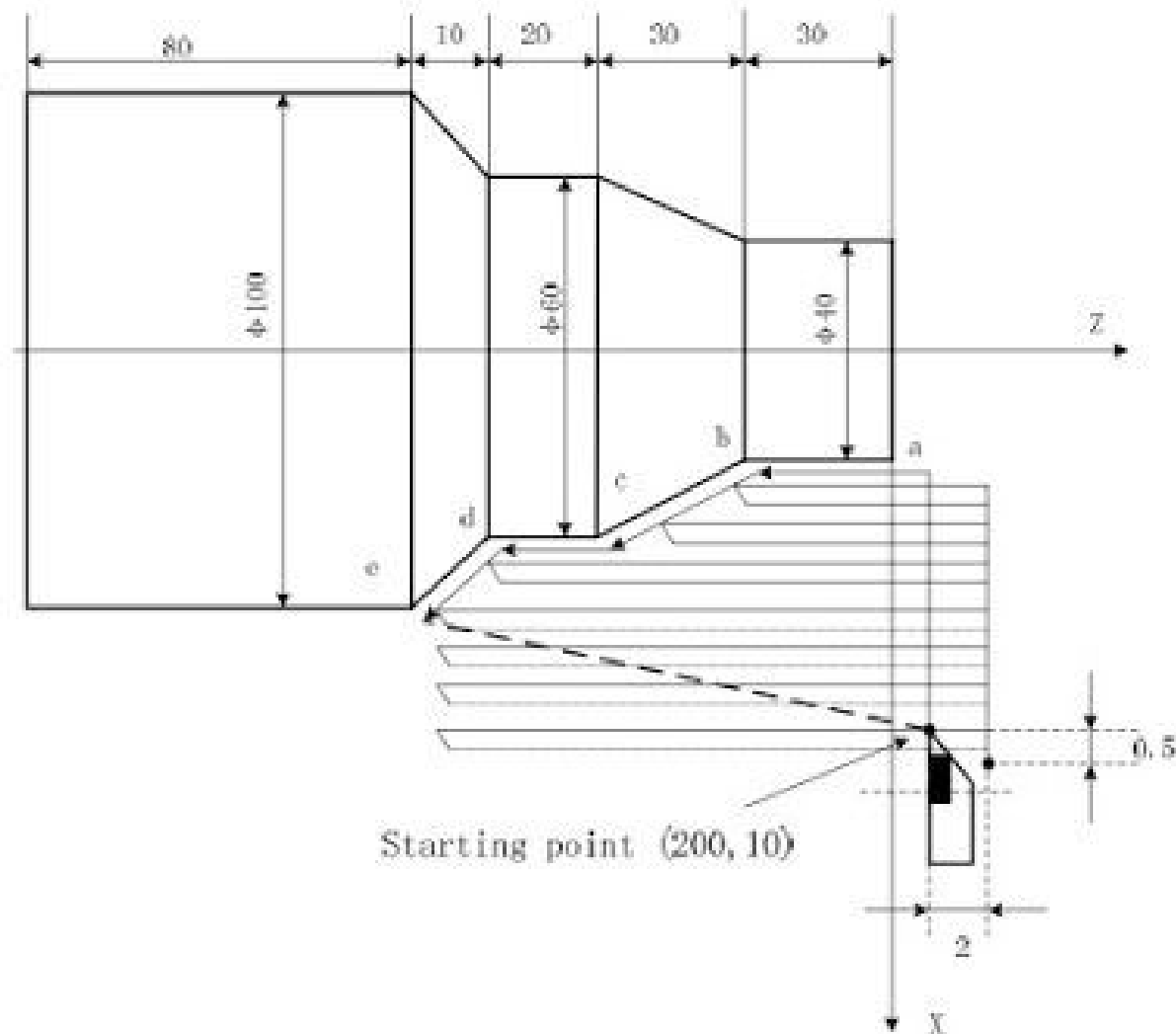
V_f = velocidade de avanço

V_c = velocidade de corte

Programação

Ciclos de usinagem

Caminhos da ferramenta



Linguagem de Programação

Linguagem ISO: código G

Funções preparatórias G

G00 posicionamento rápido ponto a ponto

G01 [Xd.d] [Yd.d] [Zd.d] [Fd.d] movimento linear

G76 P- Z- I- J- R- K- Q- H- E- L- ciclo de rosca

G90 modo absoluto

G91 modo relativo

Funções M

M02 fim de programa, pára eixo árvore

M03 gira eixo árvore no sentido horário

M05 pára movimento do eixo árvore

Geração de código G com software CAM

CATIA (versão estudante)