

# Computer Aided ‘M’anufacturing

Marcelo da Silva Hounsell, PhD

Gilberto Zluhan, Dr

Atualizações R. S. U. Rosso Jr. PhD



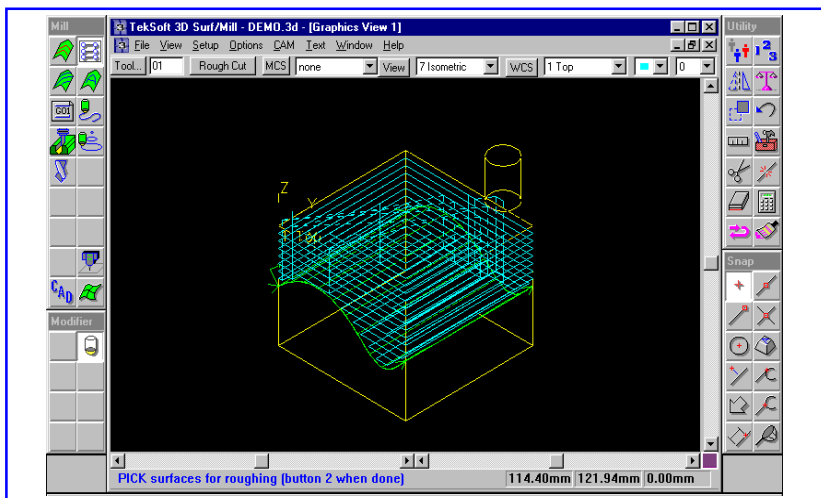
## *O QUE É CAM ?*

- Computer Aided **M**anufacturing
- **M**anufatura Auxiliada por Computador
- Fabricação Auxiliada por Computador (**erro**)
  - Alguns autores incluem dentro do processo de CAM as atividades de programação de robôs manipuladores industriais p/ montagem
- Com modelos de superfícies complexas é quase impossível programar manualmente as máquinas de CNC.

## CAM

- ✎ É o software capaz de gerar o caminho da ferramenta (de corte) em máquinas automatizadas (CNC), considerando sua geometria e os parâmetros (de corte), a fim de produzir (esculpir/construir) apropriadamente (acabamento) a peça.

## CAMINHO DA FERRAMENTA



## ***IMPORTÂNCIA DO CAM ?***


- Modelos de Superfície Complexas, normalmente são de peças plásticas -> usinar seus moldes
- Hoje em dia tem-se, em média, 130Kg de plástico nos carros
- Rolls-Royce foi uma das primeiras companhias no UK a desenvolver o seu próprio sistema CAD/CAM nos 1960s. Estima-se que tenha custado cerca de £12MI. O sistema auxiliava o projeto das pás de turbinas que antes levava 6 meses passou a ser feito em 12 horas, do projeto ao CNC. (CAD/CAM Online, Agosto 2000)

## ***Importância do CAM para Joinville***


- Aprox. 350 Empresas de Ferramentaria (e crescendo)
- Joinville é o 1o. pólo de SC, o 3o. maior da região sul e um dos 10 maiores do País.
- Joinville é grande compradora de máquinas CNC
- Joinville foi a primeira na América Latina a produzir os moldes para as peças plásticas das laterais de portas de automóveis da VW e da TOYOTA.

## ***MÁQUINAS CNC***

 **MILL** (FRESAMENTO)

 **LATHE** (TORNEAMENTO)

 **Wire EDM** (ELETROEROSÃO A FIO) (2 ou 4 eixos)

 **PUNCH** (PUNCIONADERA)

 **GRINDING** (RETÍFICAS)

 **Impressoras 3D**

 **Máquinas de medir por coordenadas**

## ***EIXOS DE USINAGEM***

### ■ **2.5 Eixos**

- Move 2 eixos simultâneos, 3o. eixo fixo
- Ex: Rasgo inclinado em relação aos eixos X e Y
- Limitação: Não faz a diagonal transversal de um cubóide

### ■ **3 Eixos**

- Move os 3 eixos X, Y e Z simultaneamente
- Permite usinar em curvas no espaço

■ **90% dos casos são máquinas de 2,5 e 3 eixos**

## ***EIXOS DE USINAGEM***

### ■ **4 Eixos**

- 3 eixos lineares: X, Y, Z + 1 eixo de rotação
- Elimina problema de crista de galo em superfícies *cilíndricas*
- Ex.: Mesa giratória

## ***EIXOS DE USINAGEM***

### ■ **5 Eixos**

- 3 eixos lineares: X, Y, Z + 2 eixos de rotação
- Ex.: Mesa giratória + rotação na ferramenta de corte (cabeçote)
- Útil para peças muito altas (que levaria a necessidade de uma ferramenta muito longa), permitindo uma ferramenta mais curta.
- Permite excelente acabamento em curvas e superfícies esféricas **sem gerar *scallups***

# EIXOS DE USINAGEM

## Torneamento

<https://www.youtube.com/watch?v=5dN41U0hDYQ>

<https://www.youtube.com/watch?v=R1LJ1yQBrKQ>

## Trono multi eixos

<https://www.youtube.com/watch?v=-9htuGLEgbl>

## Impressão 3D

[https://www.youtube.com/watch?v=T\\_347m\\_lxes](https://www.youtube.com/watch?v=T_347m_lxes)

<https://www.youtube.com/watch?v=K-12XAKZxVg>

## Fresamento

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

<https://www.youtube.com/watch?v=A49l8jcPis>

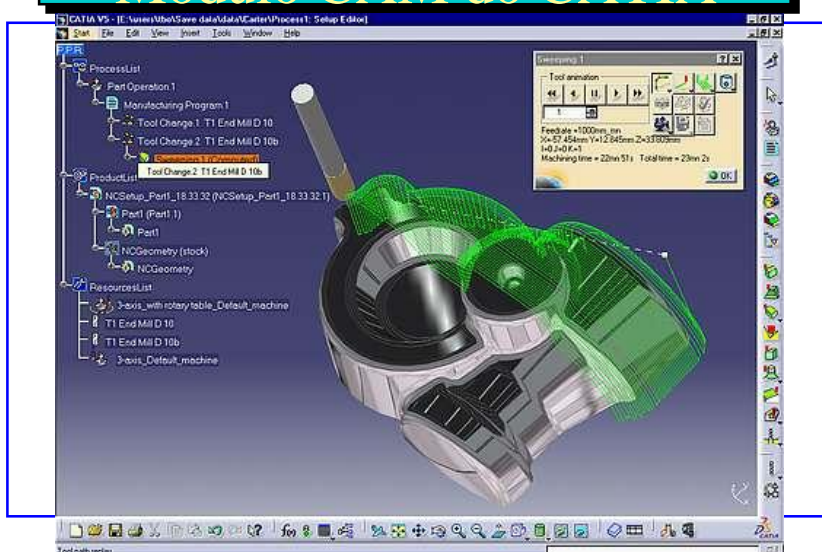
## 5 Eixos



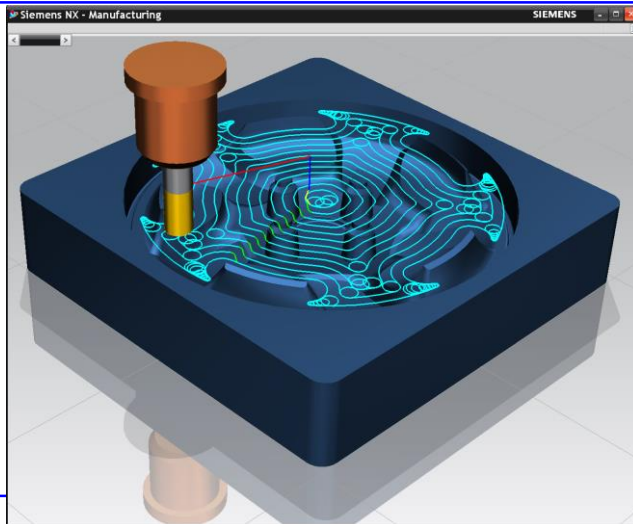
## Software de CAM

- Calculam os “caminhos das ferramentas”(Trajetória)
- Auxiliam na análise e programação das diversas estratégias de usinagem
- Conforme a qualidade da programação e da variedade de estratégias que o CAM dispõe tem-se diferenças de várias HORAS

## Módulo CAM do CATIA



## Módulo CAM do NX Unigraphics



### *ESTRATÉGIAS DE USINAGEM DOS SISTEMAS CAM*

- **DESBASTE**
  - Retirar o Máximo de Material, Mínimo de Tempo e Mínimo de Sobremetal
- **PRÉ - ACABAMENTO**
  - Ainda retira material sem muito compromisso com o acabamento.
- **ACABAMENTO**
  - Máximo de qualidade superficial

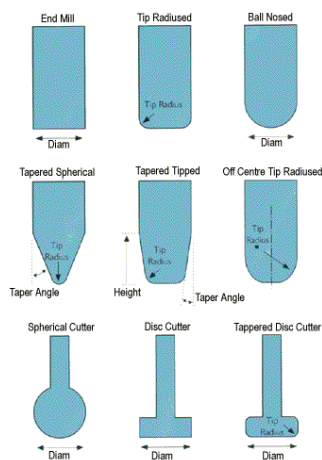


## ESCOLHA DA FERRAMENTA DE CORTE

### Importância da escolha correta (CAPP ?)

- Pode dar diferenças significativas em tempo e acabamento
- Ex.: Usinar face plana com ferramenta de ponta esférica está errado -> ponta chata. Isso pode dar diferença de 8 -> 3 horas de usinagem !

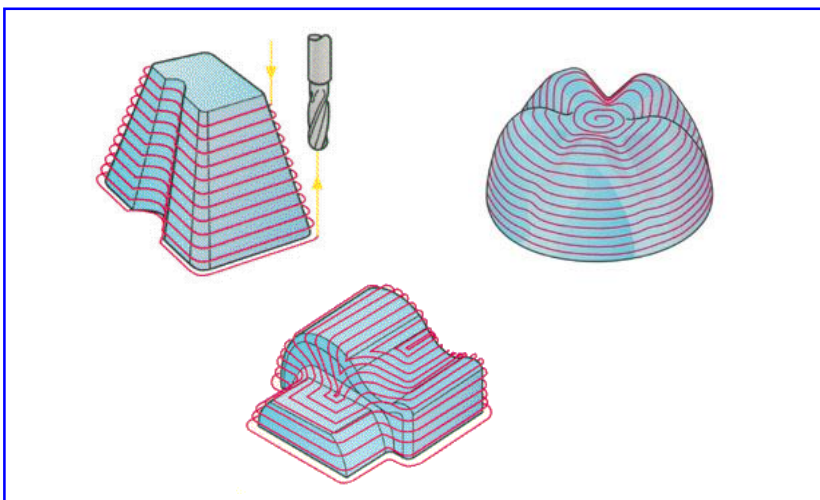
## ESCOLHA DA FERRAMENTA



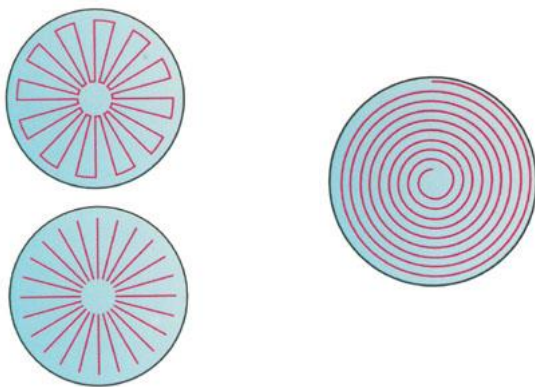
## ***CICLOS DE ACABAMENTO***

- Definem-se áreas a serem usinadas e superfícies a serem usinadas (ciclo de varredura)
- Define-se somente a superfície a ser usinada (ciclo de superfície)

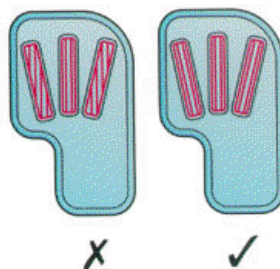
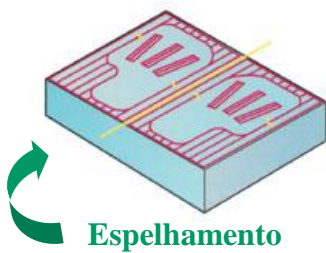
## ***ESTRATÉGIAS DE USINAGEM***



## ESTRATÉGIAS DE USINAGEM

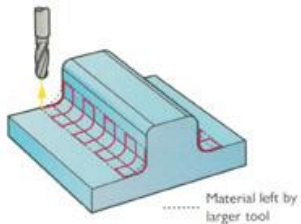


## ESTRATÉGIAS DE USINAGEM



*Aderente as características da peça*

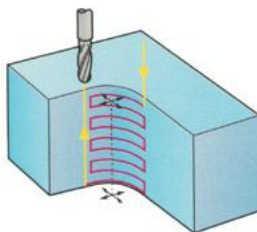
## ESTRATÉGIAS DE USINAGEM



*Ferramenta:* Não longitudinal a curvatura, em eixo fixo

*Caminho:* Perpendicular ao comprimento

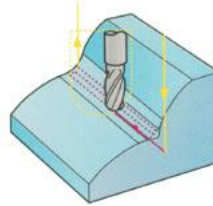
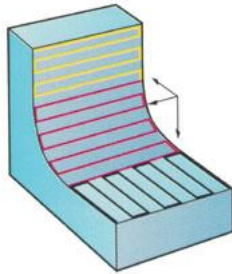
## ESTRATÉGIAS DE USINAGEM



*Ferramenta:* Longitudinal ao comprimento, em eixo fixo

*Caminho:* Perpendicular ao comprimento

## ESTRATÉGIAS DE USINAGEM



*Ferramenta:* Não perpendicular ao comprimento, eixo fixo

*Caminho:* Longitudinal ao comprimento

## USINAGEM DE INCLINAÇÕES

- A estratégia convencional é manter fixo o passo de corte (plano de corte) mas isto leva a uma discretização do caminho que é variante conforme a inclinação !
- Quanto maior o ângulo de inclinação em relação a aproximação da ferramenta maior a imperfeição, a crista de galo

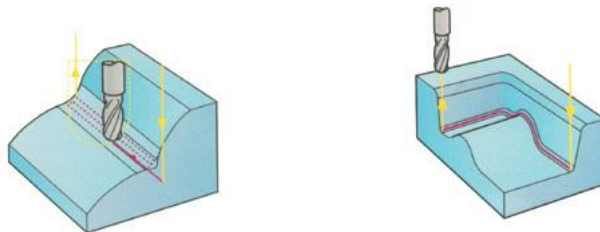
## USINAGEM DE INCLINAÇÕES

- **Crista de Galo ou *Scallups***
- São imperfeições resultantes do processo de usinagem
- Tem CAM que considera, outros não.
- Depende da geometria da ferramenta, do passo da máquina, da geometria da peça e da estratégia adotada
- Pode ser minimizado ou até eliminado conforme a estratégia adotada

## USINAGEM DE INCLINAÇÕES

- São poucos os *software* que conseguem garantir um espaçamento uniforme sobre a superfície da peça, independentemente da sua inclinação.
  - O passo da ferramenta não é calculado em relação ao plano Z mas, em relação a um plano paralelo a superfície da peça no ponto de inclinação.
- Isso dá grande diferença no acabamento da peça, gerando mais ou menos crista de galo.
  - Solução intermediária seria fazer um adensamento de linhas para alcançar o mesmo acabamento, em detrimento do tempo !!

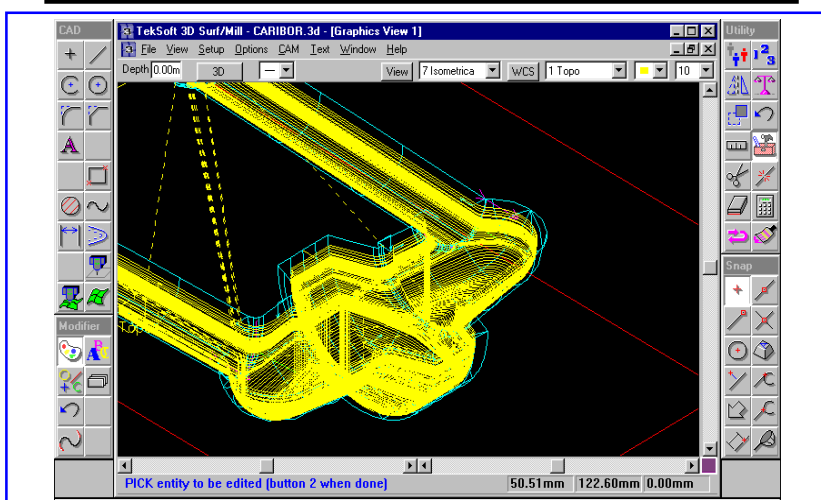
## ESTRATÉGIAS DE USINAGEM



*Cantos:*

*Adensamento para melhorar o acabamento*

## ACABAMENTO: Adensar linhas



## USINAGEM DE INCLINAÇÕES



## PÓS - PROCESSADOR

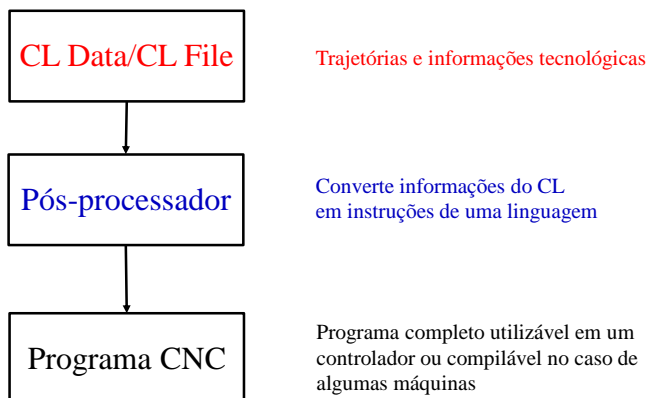
- Problema: Existem muitos Fabricantes de Máquinas CNC
  - MAZAC, PUMA, INDEX, MAHO
  - Apesar da maioria usar ISO6983...
  - Todos usam comandos particulares e diferentes
- O caminho da ferramenta calculado no CAM precisa ser gerado/escrito na “linguagem” que a máquina (comando) pode entender



## PÓS - PROCESSADOR

- Escreve Um Programa CNC a Partir Dos Dados Tecnológicos E De Trajetória Da Ferramenta
- Cada Pós-processador Escreve Para Uma Linguagem De Programação
  - APT
  - ISO6983 (G Code)
  - STEP-NC (ISO14649/10303-238)
  - HEIDENHEIN
  - FANUC
  - MAZAC

## PÓS - PROCESSADOR



## EXEMPLO DE PROGRAMA CNC

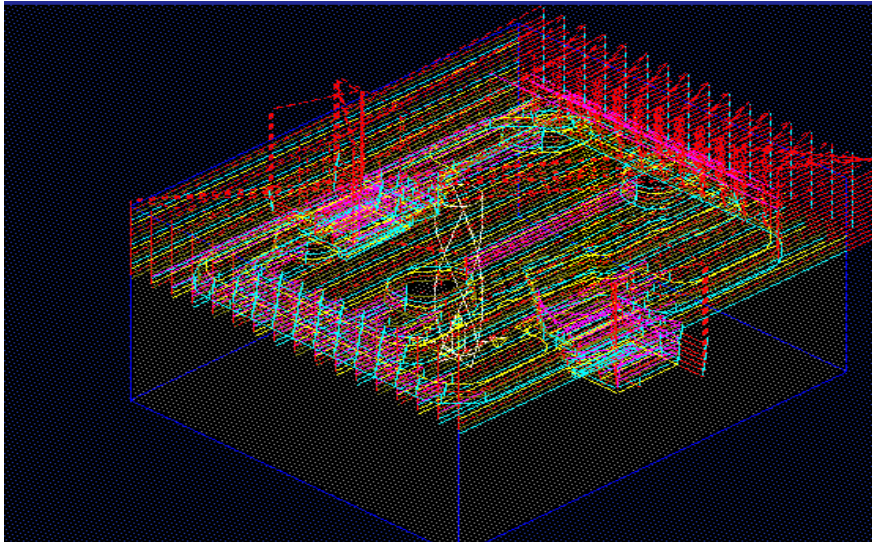
```

Arquivo  Editar  Pesquisar  Ajuda
D0001
N1 G21
N2 (ferramenta de 30mm)
N3 G91 G28 X0 Y0 Z0
N4 T01 M06      (T01 - Pegar Ferramenta 01 do Magazine)
N5 S2000 M03
N6 G90 G54 G00 X-129.258 Y-69.5
N7 G43 Z5. H01 M08
N8 G01 Z-1. F508. (F - Forward Speed, Velocidade de Avanço)
N9 X129.258 F254.
N10 G00 Z10.
N11 Y-54.5
N12 Z5.
N13 G01 Z-1. F508.
N14 X-129.258 F254.      . . .
  
```

Uso da ISO6983 (G Code)



## TRAJETÓRIAS DAS FERRAMENTAS



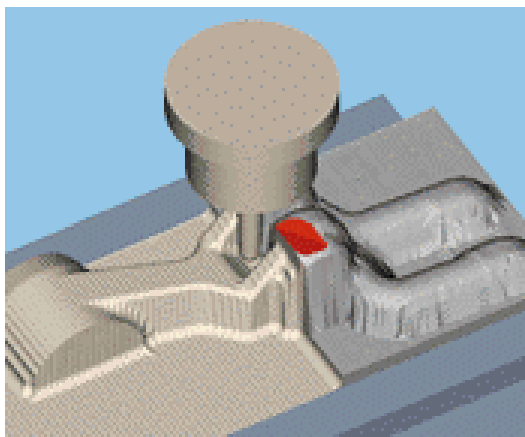
## O QUE É CAV?

- “Computer-Aided manufacturing Verification”
- Objetivo:
  - Simular a programação da usinagem feita no CAM (ou manual) visando sua verificação contra colisões da ferramenta ou geração imperfeita (*scallups*)

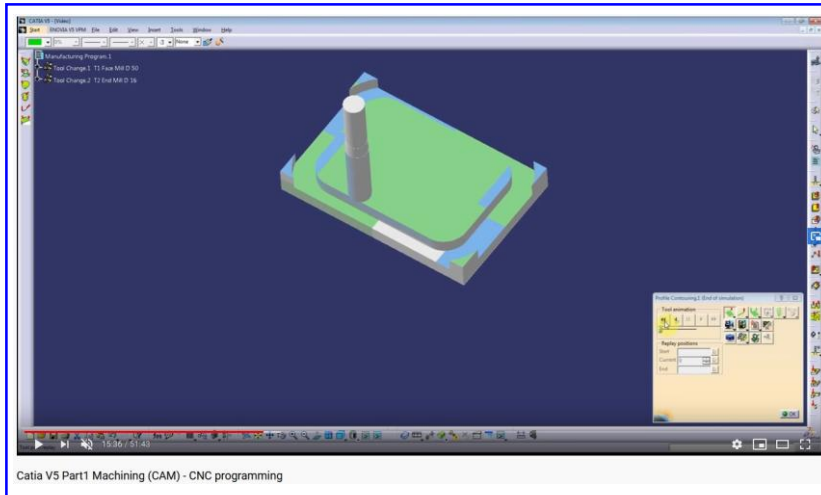
## VERIFICAÇÃO



## VERIFICAÇÃO DE USINAGEM



## VERIFICAÇÃO DE USINAGEM



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

## VERIFICAÇÃO DE USINAGEM

### ■ Ferramentas de Software

#### ■ NC-Simul (Hexagon)

<https://www.ncsimul.com/ncsimul-machine>

<https://www.youtube.com/watch?v=LT0I1jWHAyE>

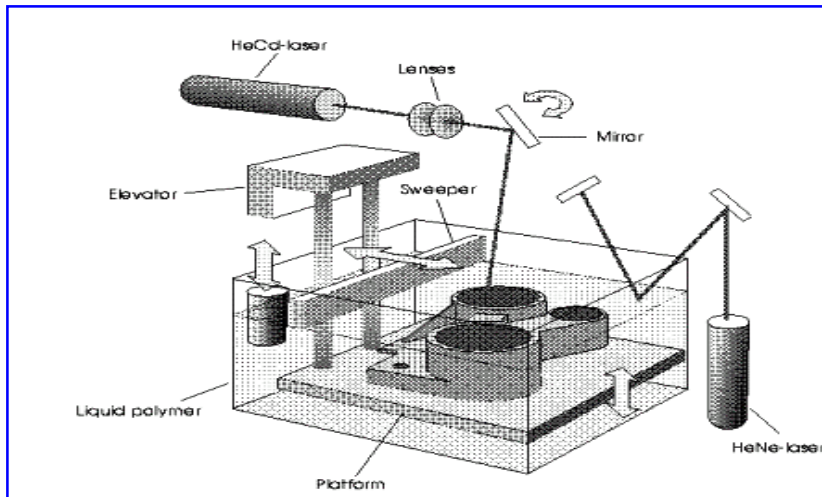
#### ■ SolidCAM

<https://www.youtube.com/watch?v=efQ9TLYmKZM>

#### ■ VERICUT (CGTech)

<https://www.cgtech.com/vericut-verification>

## Automação da Geração de Protótipos Máquina Manufatura Aditiva (Impressão 3D)



## Estudo do Caso em Unidade Industrial

- ✦ Unidades
  - Argentina, Portugal, México
  - Brasil (responsável por 80 % dos projetos)
- ✦ Tempo médio de projeto de um motor
  - Entre 3 meses e 2 anos
- ✦ Produção
  - 30 mil motores / dia
  - Lote padrão 90 motores de um tipo

## Estudo do Caso em Unidade Industrial

- ☞ Alcançou-se 40% de economia em tempo de Projeto com o uso do CAD 3D / CAM
- ☞ Grandes benefícios de um pós-processador bem construído para CAM
  - Antes – Interpolação linear, 3h27”, Arquivo 3M
  - Depois – Interpolação circular, 1h50”, Arquivo de 60k