

PROJETO MECÂNICO (SEM 0347)

Notas de Aulas v.2017

Aula 04 – Estrutura de Máquinas – Granito Sintético

Professores: Carlos Alberto Fortulan
Benedito de Moraes Purquerio

Colaborador: João F. P. Lovo



Máquina

A máquina é um dispositivo que ajuda a tornar a execução de um trabalho mais fácil por realizar uma ou mais das seguintes funções:

- ✓ transferir uma força de um lugar para outro;
- ✓ mudar a direção de uma força;
- ✓ aumento da magnitude de uma força;
- ✓ aumento da distância de ação de uma força; ou
- ✓ aumento da velocidade de uma força.



Considerações importantes no projeto de Máquinas

1. Tipo de **Carga** e **Tensões** causadas pelo carregamento

- Cargas mortas
 - Cargas vivas
 - Carregamento estático
 - Carregamento dinâmico
 - Choques (eventuais)
 - Impactos (velocidade de aplicação)
- Tensões normais (tração, compressiva) e de cisalhamento
 - Tensões de torção
 - Tensões de flexão
 - Tensões térmicas



2. **CINEMATICA** da máquina (movimento dos componentes)

- Encontrar uma disposição mais simples que ofereça mais eficiência ao movimento necessário.

3. Seleção dos **MATERIAIS**

- É necessário um conhecimento das propriedades dos materiais e do seu comportamento em condições de trabalho.
- Resistência, dureza, durabilidade, flexibilidade, peso, resistência ao calor e à corrosão, a condutividade elétrica, usinabilidade, etc

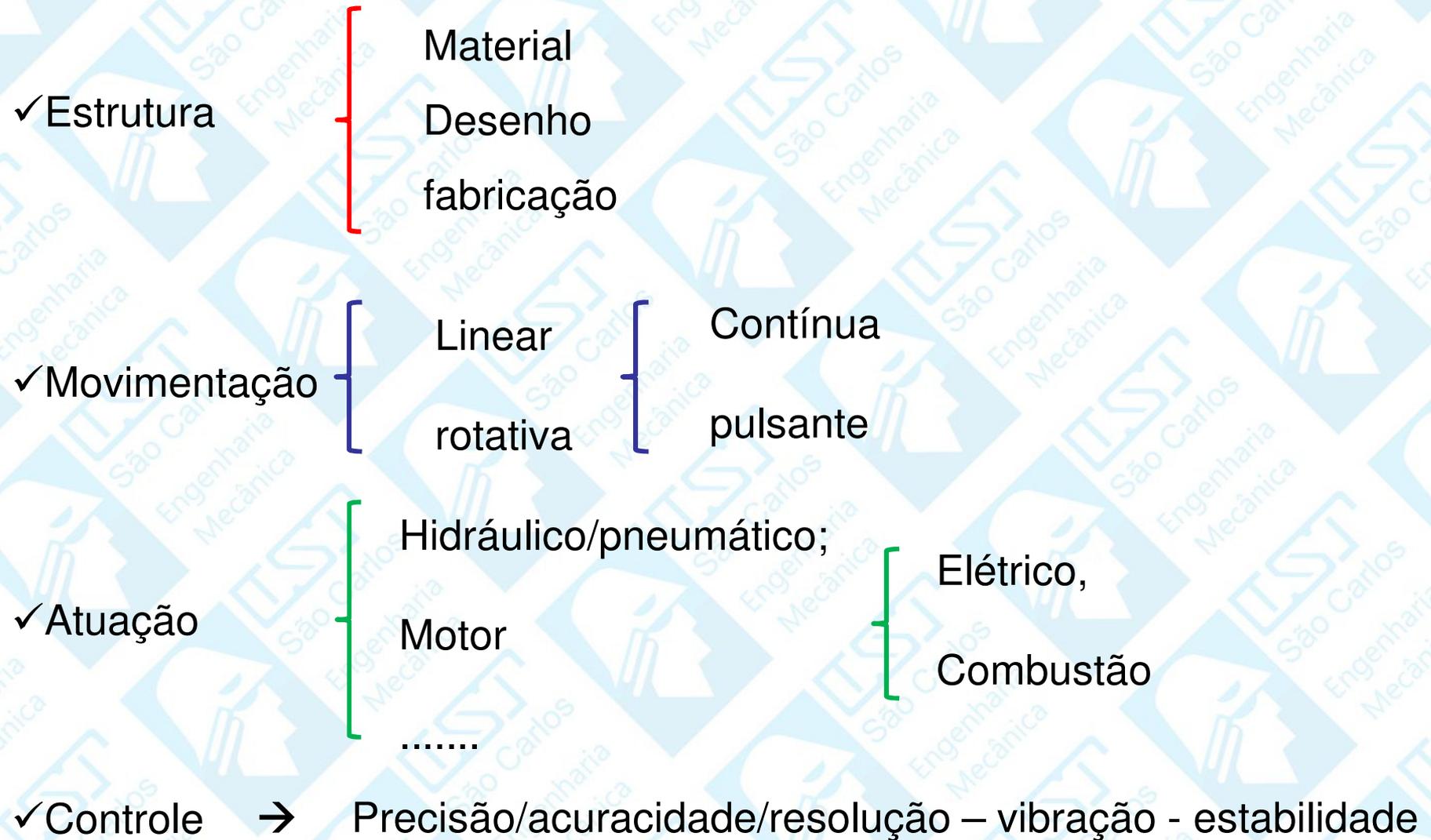


4. DESENHO E DIMENSÃO dos componentes

As dimensões serão determinadas pela aplicação de forças/torque nos componentes/material de tal forma que uma falha (ruptura ou deformação excessiva) não ocorra.



Constituintes de uma máquina



ESTRUTURA - função

✓ receber esforços;

Rigidez;

Resistência.

✓ Recebe e conduz calor

Expansão térmica;

Condutividade.

✓ Localiza e posiciona componentes;

✓ Recebe e amortece as vibrações (Damping);

✓ Design

Funcional;

Ergonômico;

Estético.



Rigidez estática e rigidez dinâmica

Em um projeto mecânico a rigidez, muitas vezes, é mais importante que a capacidade de carga.

Rigidez estática,

Deformação sob cargas estáticas:

Peso das partes móveis;
Peso da peça obra;
Forças de corte

Rigidez dinâmica,

Comportamento sob ação de cargas inerciais e vibrações



Desenho

- ✓ Resistência → maior e mais leve → maior momento de inércia;
- ✓ Rigidez → maior e mais leve → maior momento de inércia;
- ✓ Peso → mais leve;
- ✓ Dissipação de calor e compensação da distorção;
- ✓ Acomodação dos componentes;



Desenho

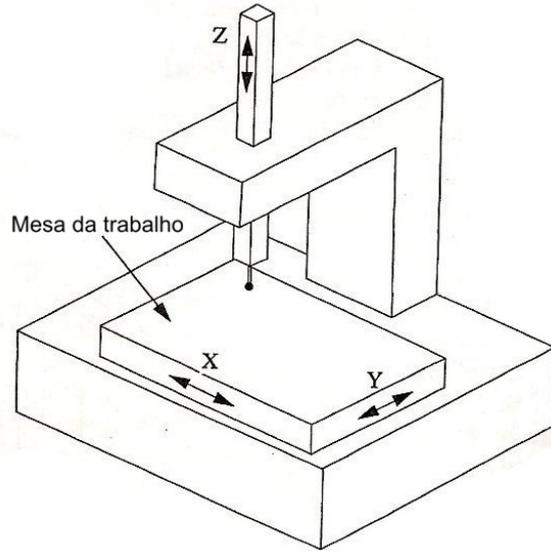


Figura 3.3 – Estrutura em “L” (SLOCUM, 1992).

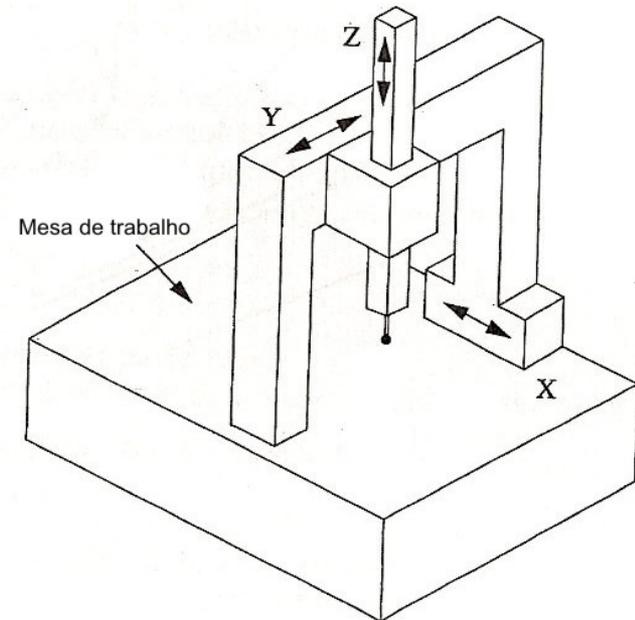


Figura 3.4 – Estrutura tipo Ponte (SLOCUM, 1992)



ESTRUTURA – material

Na fase conceitual, uma estrutura baseada no material deve ser decidida. A principais classes de estrutura são:

- ✓ Estrutura em ferro fundido;
- ✓ Estrutura Soldadas;
- ✓ Estrutura em Granito sintético;
- ✓ Estrutura em Concreto;
- ✓ Estrutura em Compósitos (filamento);
- ✓ Estrutura parafusada (Perfil modular);
- ✓ Estrutura impressa em 3D.



Materiais para estrutura

	σ_{RT} tração MPa	σ_{RT} compr. MPa	σ_e MPa	E GPa	ρ g/cm ³	H Brinell	H vickers	α X 10 ⁻⁶ 0-100 °C	K_{IC} MPa.m ^{1/2}	K W/m-K
Ferro fundido cinzento, classe 20	152	572		66-97	7,15	156	161			
Ferro fundido cinzento, ASTM A48 classe 40	276	134			7,15	183 - 234	246			
Ferro fundido dúctil (nodular) – Classe A	414		310			190	199			
Fofo nodular ASTM A897 grade 1	965	1380	758	163	7,1	302		14,6	109	22,1
AISI 1020 - laminado	450		330	200	7,87	143	179	11,7		51,9
AISI 1045 – laminado a quente	565		310	200	7,87	163	170	11,2		51,9
Alumínio 6063-T5	186		145	68,9	2,7	60	70	23,4		209
Granito Sintético*	27	103	26	36	2,1	75~300		14		1,2

Fonte: www.matweb.com; * Lovo et al. (2017) Synthetic granite composite for precision equipment structures



Materiais para estrutura

	Usinabilidade	Soldabilidade	Observações
Ferro fundido cinzento, classe 20	Fácil	Difícil	
Ferro fundido cinzento, ASTM A48 classe 40	Fácil	Difícil	
Ferro fundido dúctil (nodular) – Classe A			
Fofo nodular ASTM A897 grade 1			
AISI 1020 - laminado	Fácil	Fácil	Após o corte ao maçarico não tempera ao ar
AISI 1045 – laminado a quente	Fácil	Fácil	Após o corte ao maçarico tempera ao ar dificultado subsequentes usinagens.
Alumínio 6063-T5	Fácil	Média	
Granito Sintético	Difícil	-----	

Fonte: www.matweb.com

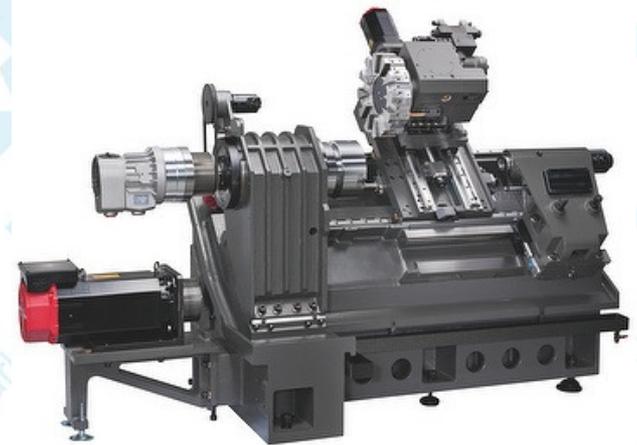


Estrutura em **Ferro Fundido**

As boas propriedades gerais dos ferros fundidos e a facilidade de fundição de peças fizeram do ferro fundido a base da Indústria de Máquinas Ferramentas.



<http://www.iron-casting-chengfeng.com/machine-base-casting.htm>



http://www.taiwantrade.com.tw/EP/selica/products-detail/en_US/867733/CNC_Slant_Bed_Lathe/



Vantagens:

- ✓ Conformação;
- ✓ Custo;
- ✓ Grandes dimensões;
- ✓ Atrito;
- ✓ Amortecimento,

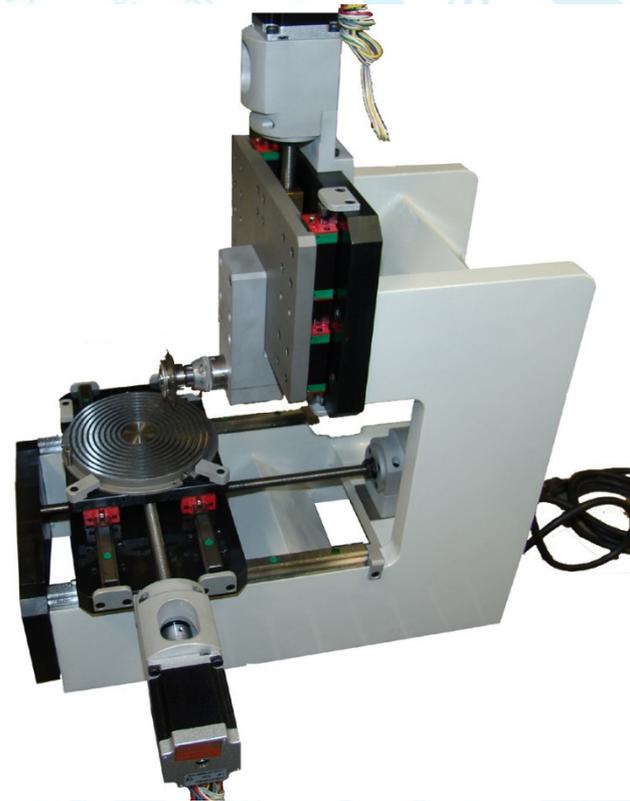
Desvantagens

- ✓ Densidade;
- ✓ Ângulo de saída → peso;
- ✓ Molde;
- ✓ Resistência Mecânica (cinzento);
- ✓ Baixa soldabilidade;
- ✓ Usinabilidade (nodular);
- ✓ Baixa resist. Fadiga



Estrutura Soldadas

Fabricação sem grande investimentos de infra estrutura e equipamentos com possibilidade de montagem parcial ou total em campo.



Araujo LAO (2009) . Projeto e desenvolvimento de uma mini máquina para fatiamento de substratos cerâmicos. Dissertação Mestrado



Vantagens:

- ✓ Baixo investimento;
- ✓ Custo;
- ✓ Rigidez;
- ✓ Alta resistência mecânica;
- ✓ Usinabilidade;
- ✓ Alterações;
- ✓ Estabilidade

Desvantagens

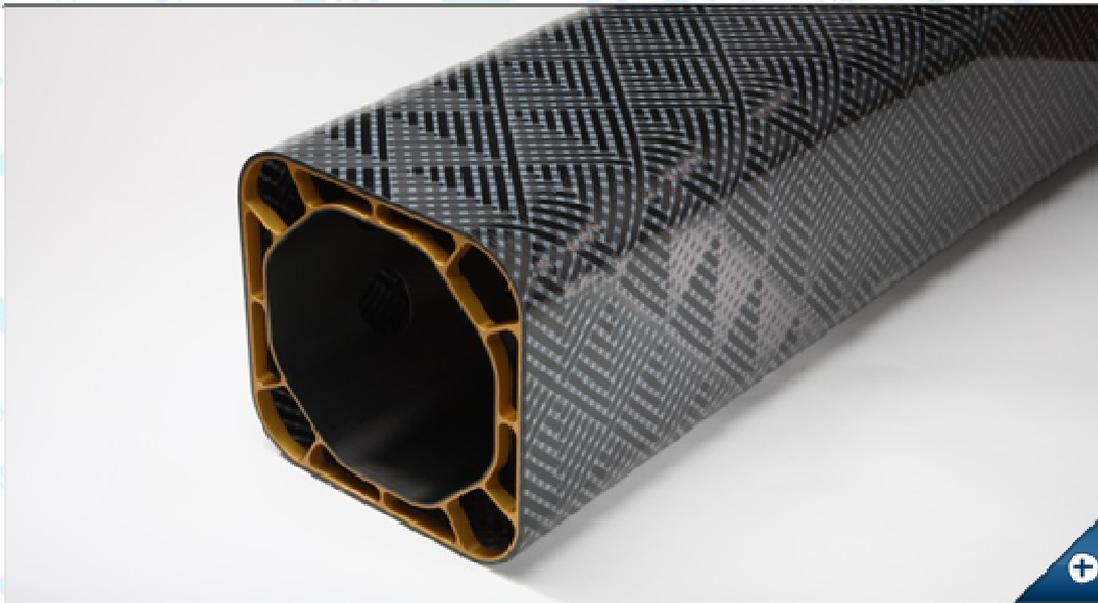
- ✓ Distorção geométrica e dimensional;
- ✓ Sensitização;
- ✓ Acesso;
- ✓ Operador;
- ✓ Juntas soldadas → falhas



Estrutura Compósitas

Vantagens

- ✓ Baixo peso;
- ✓ Resistência mecânica;
- ✓ Rigidez;
- ✓ Desenho e Estética



Desvantagens

- ✓ Manufatura complexa;
- ✓ Difícil automação;
- ✓ Necessidade de juntas;
- ✓ Anisotropia;
- ✓ Ambiental.



<http://g01.a.alicdn.com/kf/HTB12dNKKX XXXXa0XXXXq6xXFXXX1/Qav280-100-fibra-de-carbono-através-da-estrutura-da-máquina-de-carbono-leve-128-g-FPV.jpg>



Estrutura parafusadas – perfil modular

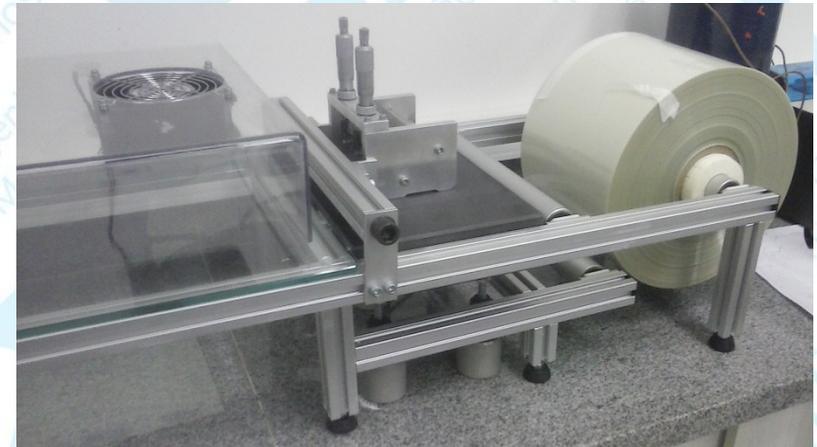
Atualmente em uso crescente

Vantagens:

- ✓ Rapidez de montagem;
- ✓ Baixo investimento;
- ✓ Custo;
- ✓ Padronização de partes
- ✓ Acabamento
- ✓ Alterações;

Desvantagens

- ✓ Baixa rigidez;
- ✓ Baixa resistência Mecânica
- ✓ Visual;
- ✓ NR12.

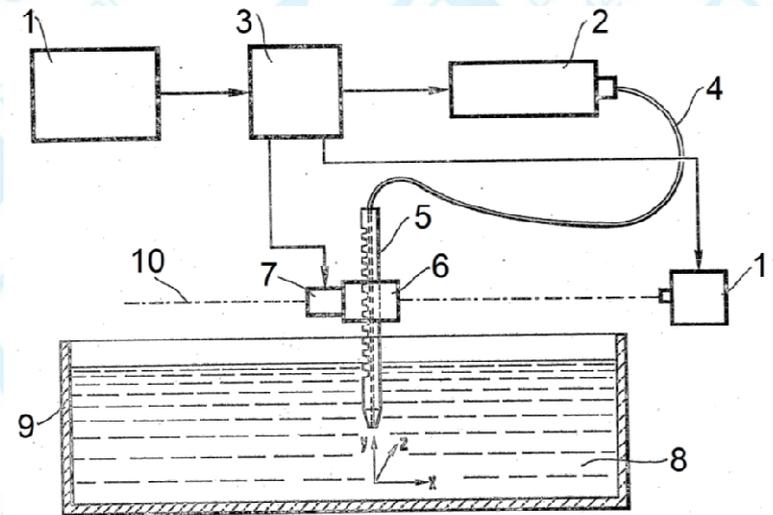


Futuro



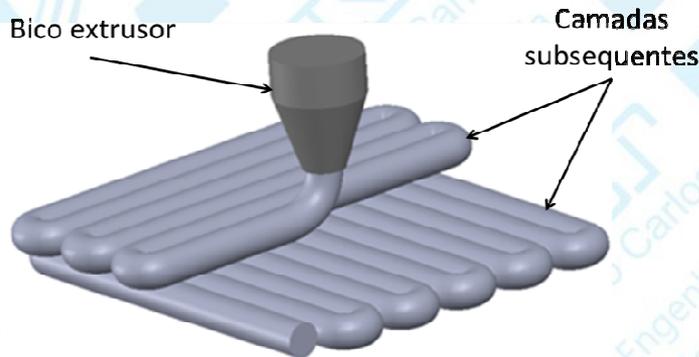
Estruturas Impressas em 3D

Manufatura Aditiva é o processo de fabricação por adição de material pelo qual um produto pode ser diretamente fabricado a partir de um modelo 3D computacional, e tal técnica de fabricação possibilita a produção com geometrias complexas tais como se queira.



- 1- Fonte de dados
- 2- Laser
- 3- Controlador
- 4- Fibra óptica
- 5- Guia vertical
- 6- Mancal
- 7- Motor elétrico
- 8- Líquido fotopolimerizável
- 9- Reservatório
- 10- Guias longitudinais
- 11- Motor elétrico

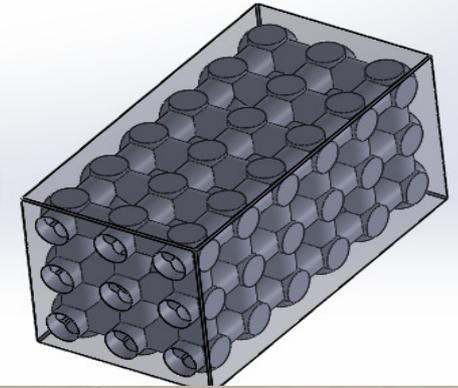
Adaptado de MEHUATÉ, ANDRÉ e WITTE (1984)



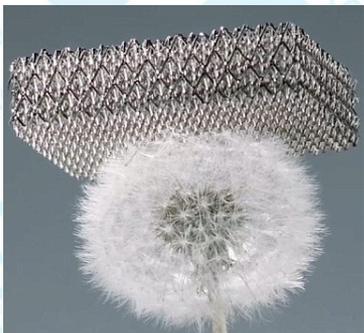
Estruturas Impressas em 3D

Principais vantagens:

- ✓ Material otimizado para as direções principais
- ✓ Geometrias impossíveis com outras técnicas
- ✓ Facilidade de fabricação;
- ✓ Leveza estrutural;
- ✓ Menor desperdício;
- ✓ Menor gastos com transporte e novas possibilidades logística.



(CANSIZOGLU, (2008)



<http://exame.abril.com.br/tecnologia/noticias/veja-o-material-mais-leve-do-mundo-formado-por-99-99-de-ar>



Estruturas Impressas em 3D

Limitações atuais:



- ✓ Dimensão;
- ✓ Custo x Resistência mecânica;
- ✓ Acabamento superficial;
- ✓ Custos;
- ✓ Velocidades de impressão.



PROJETO MECÂNICO

GRANITO SINTÉTICO

B. de M. Purquerio

Engenheiro Mecânico, M. Sc., Ph. D.

GRANITO SINTÉTICO

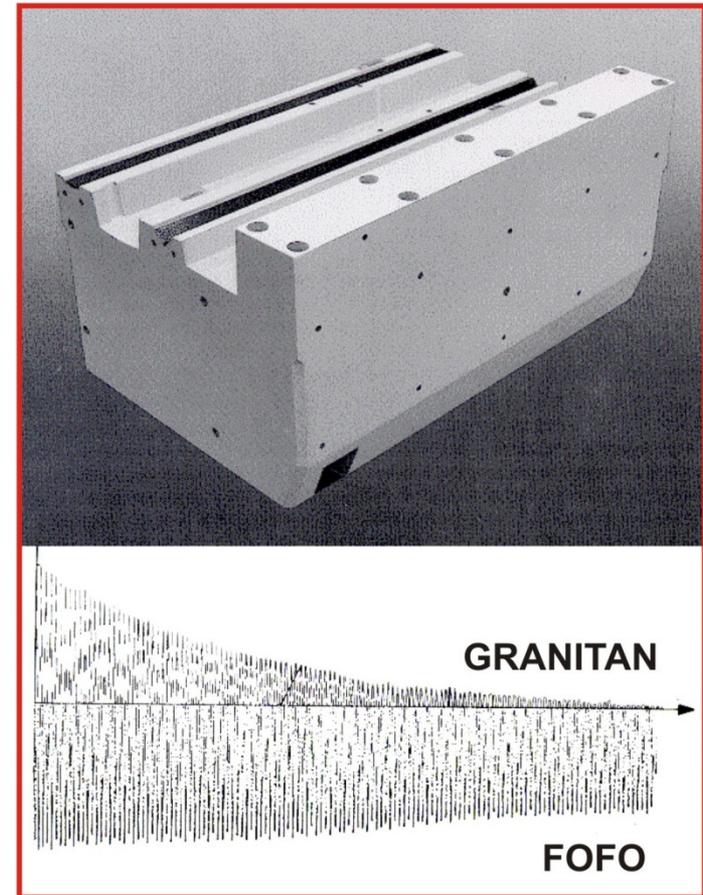
Densidade: 2400 kg/m^3

M. Elasticidade: 35000 N/mm^2

Resistência à tração: 15 N/mm^2

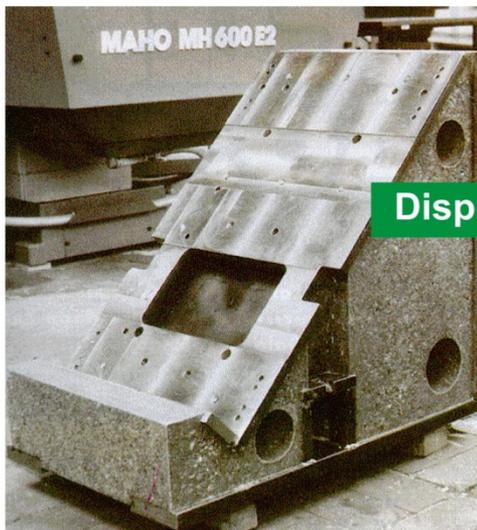
Resistência à compressão: 100 N/mm^2

Resistência à flexão: 22 N/mm^2



made of **stud**er
granitan[®]





Dispositivos de Usinagem

Inserto Metálico

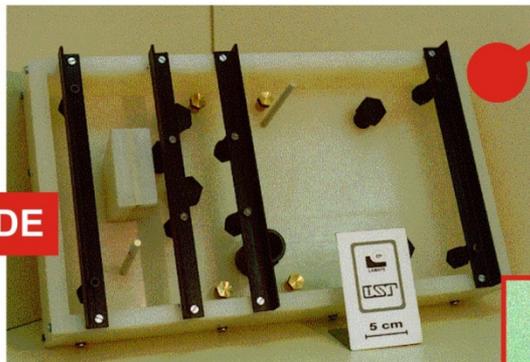


Corpos-de-provas



SEQUENCIA DE MOLDAGEM DE ESTRUTURAS DE GRANITO SINTÉTICO

MOLDE



RESINA E CATALIZADOR



MOLDAGEM



BASE INSTALADA NA MÁQUINA



BRITAS DE GRANITO NATURAL

DESMOLDAGEM



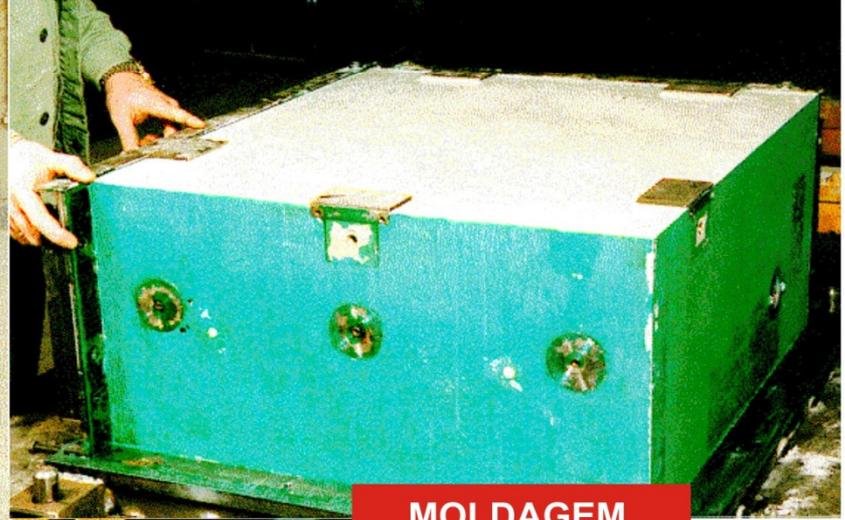
GRANITO SINTÉTICO

STEWING

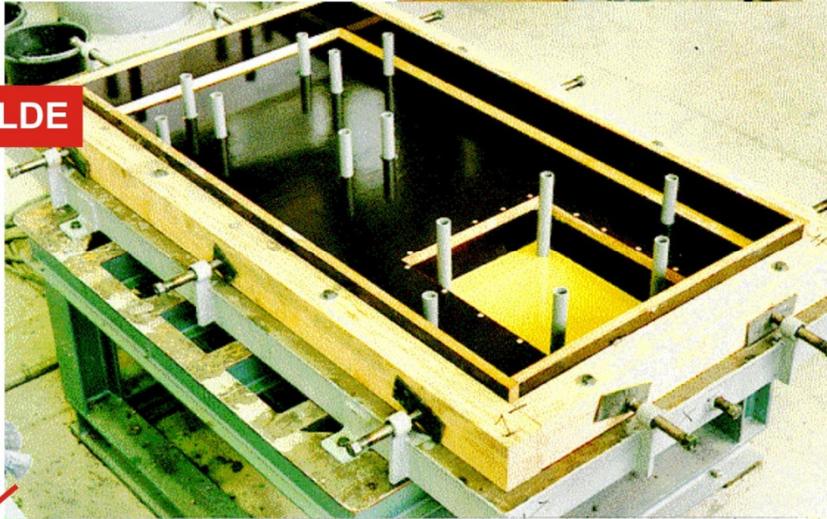
MISTURA



MOLDAGEM

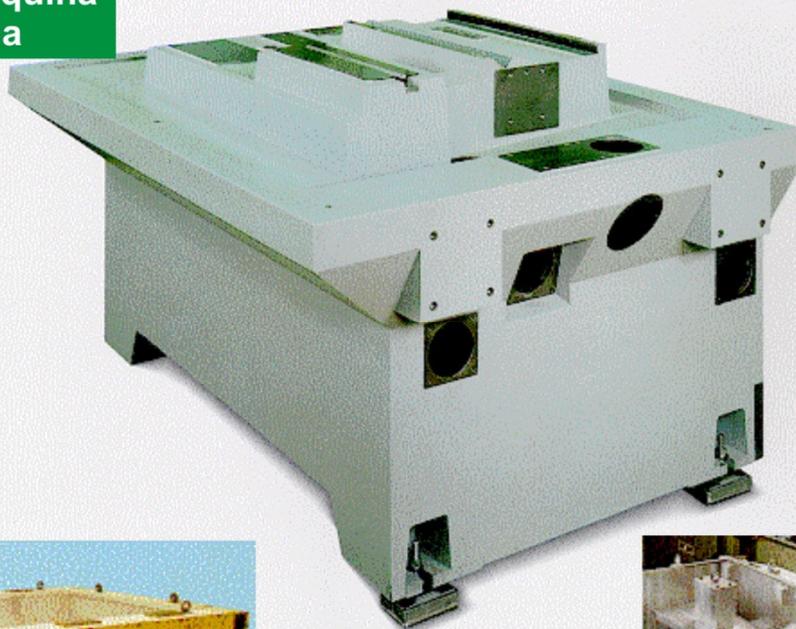


MOLDE



GRANITO SINTÉTICO

SYNCONCRETE

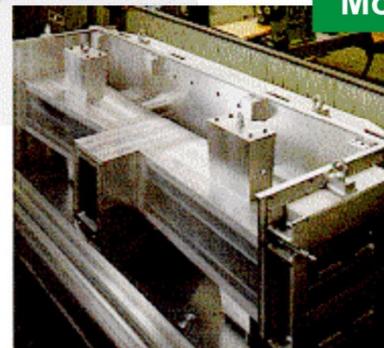
Base de Máquina
Moldada

Máquina CNC

Molde



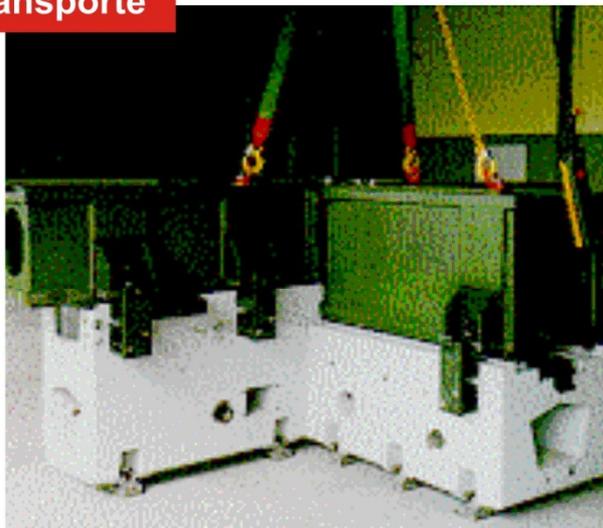
Molde



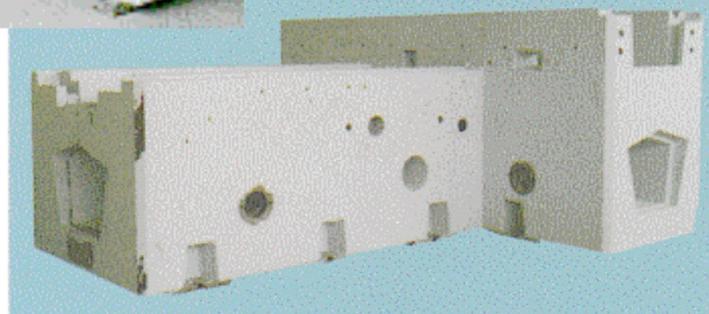
GRANITO SINTÉTICO

SYNCONCRETE

Transporte



MOLDAGEM

Base de Máquina
Moldada

GRANITO SINTÉTICO

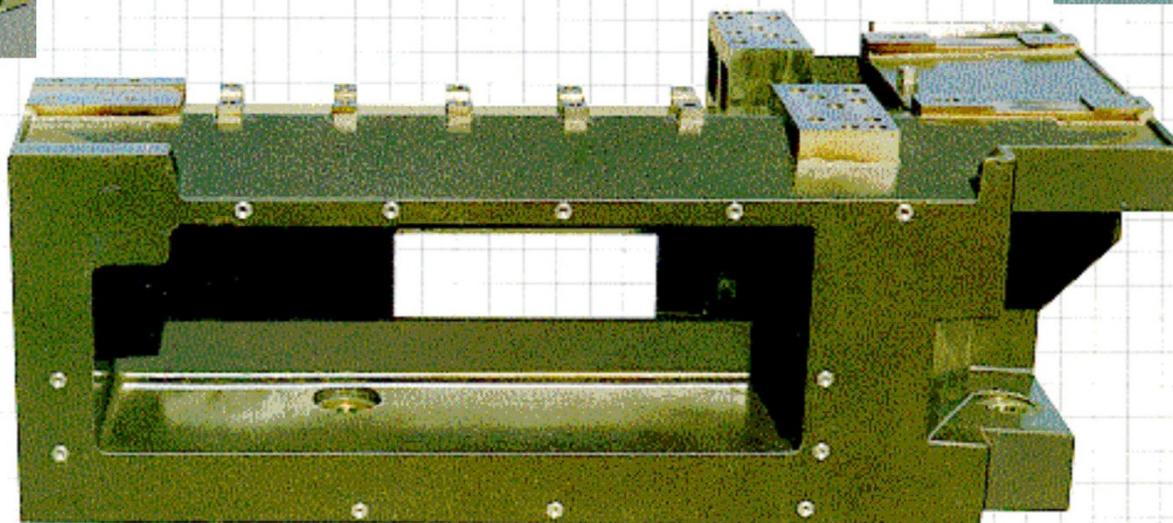
STEWING



Estrutura de Fresadora



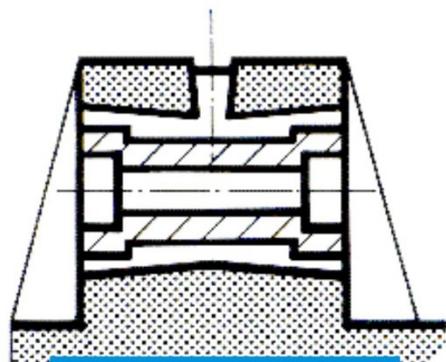
Estrutura de Retificadora



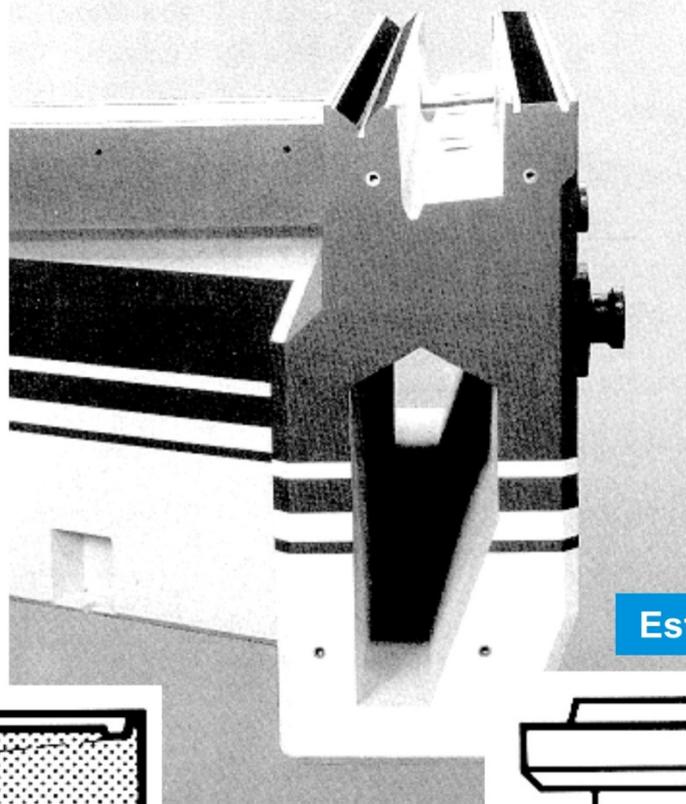
Estrutura de Torno Paralelo



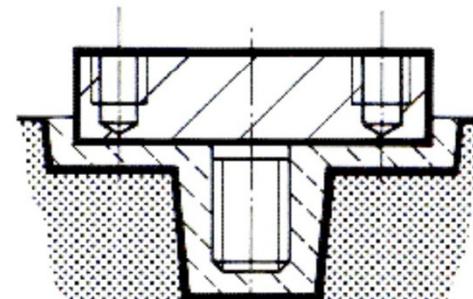
ESTRUTURA DE RETIFICADORA EM GRANITO SINTÉTICO - Fonte: Suder.



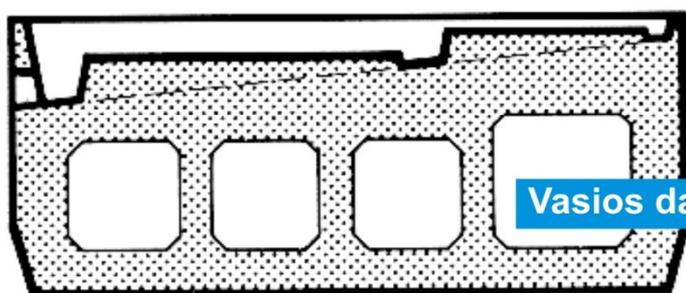
Insero da Árvore



Estrutura de Retificadora



Insero para Guias



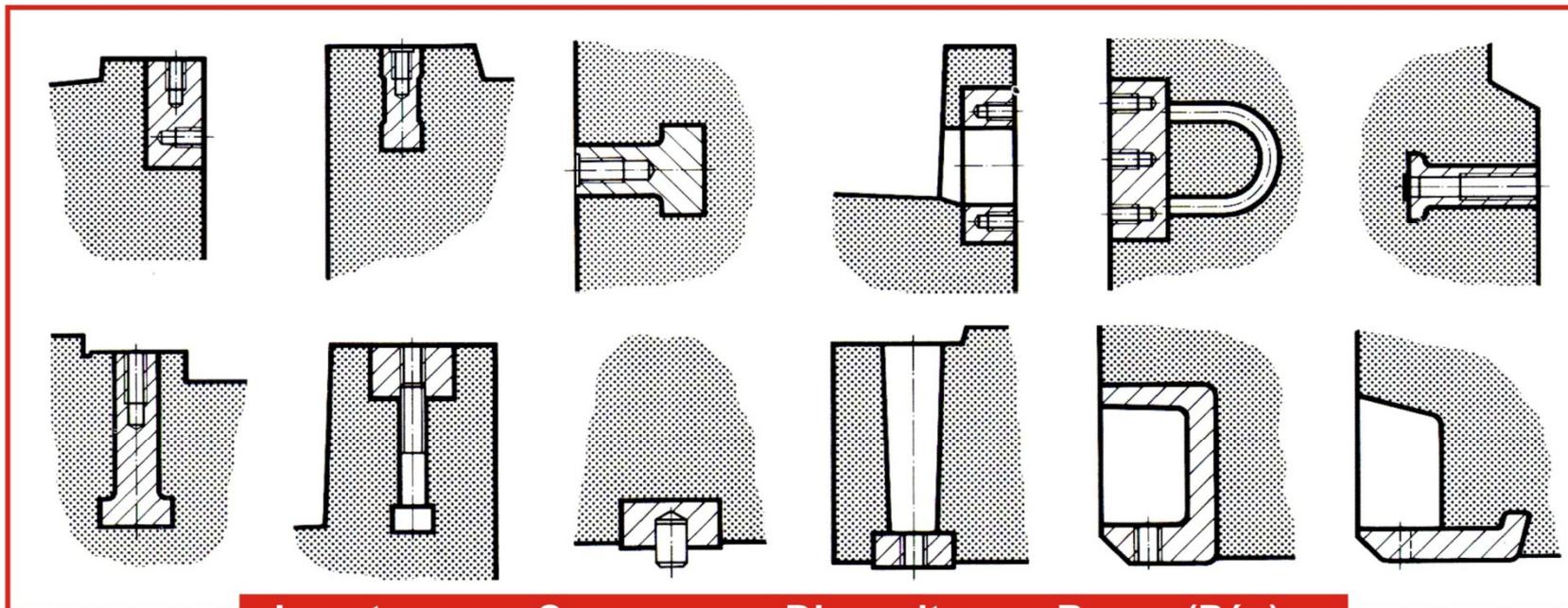
Vasios da Estrutura (Peso)



Içamento



INSERTOS E FIXAÇÃO DE GUIAS EM ESTRUTURAS DE GRANITO SINTÉTICO



Insertos para Carenagens, Dispositivos, Bases (Pés)...

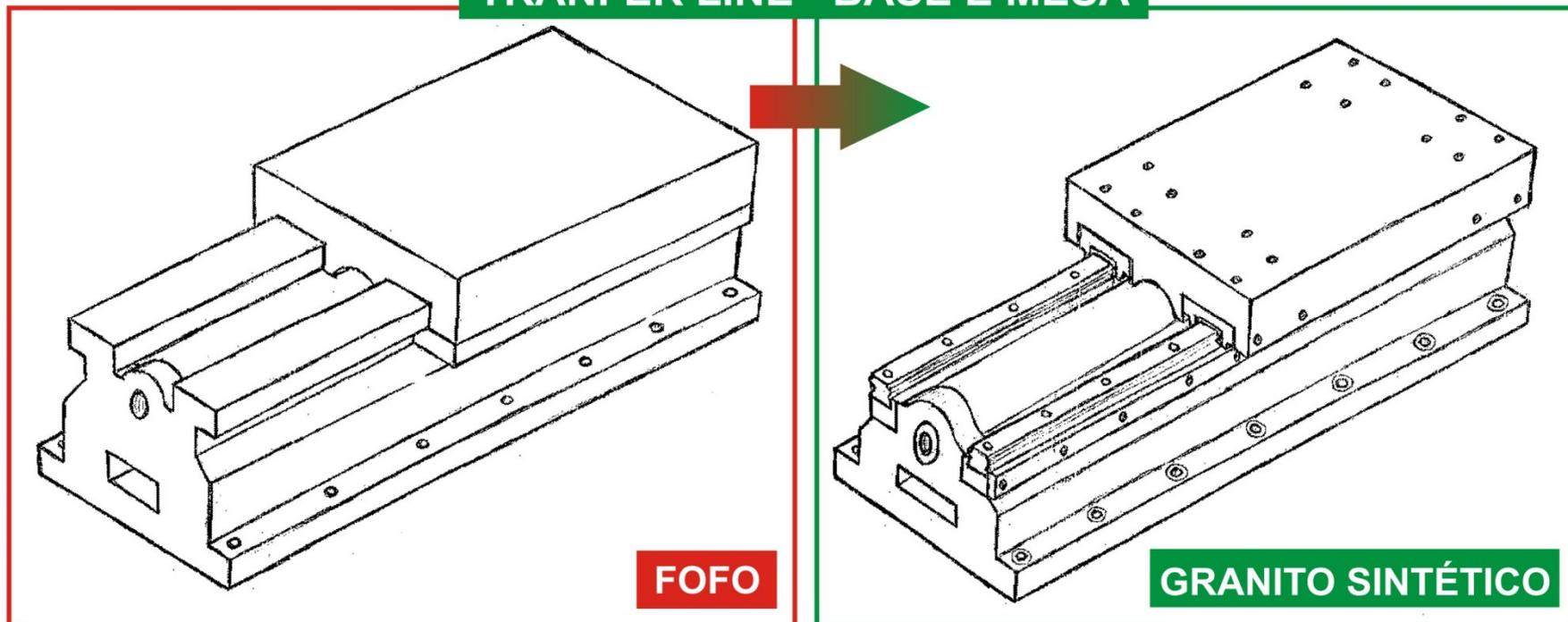


Insertos para Fixação de Guias (Mancais)



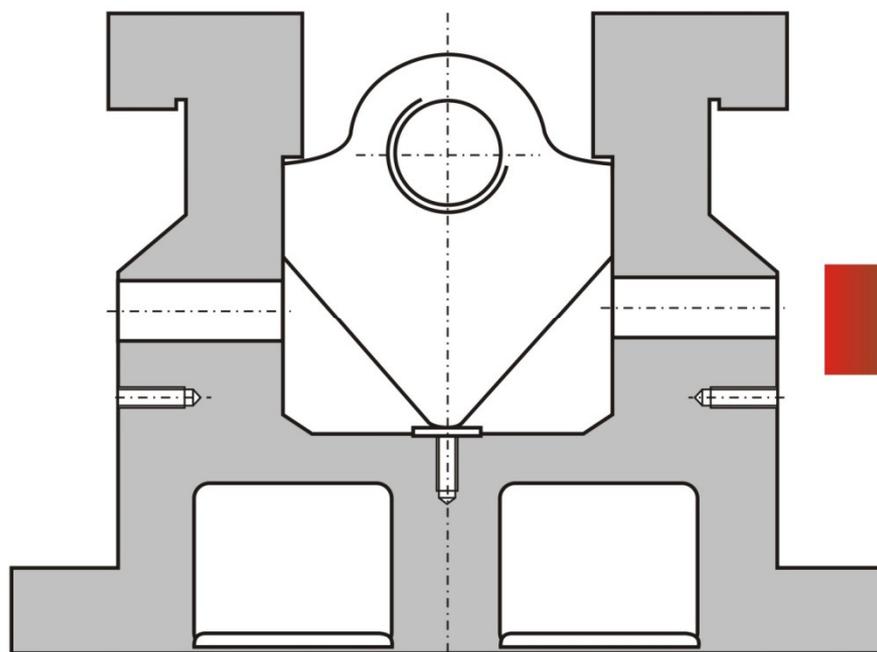
EXEMPLO DE APLICAÇÃO

TRANFER LINE - BASE E MESA

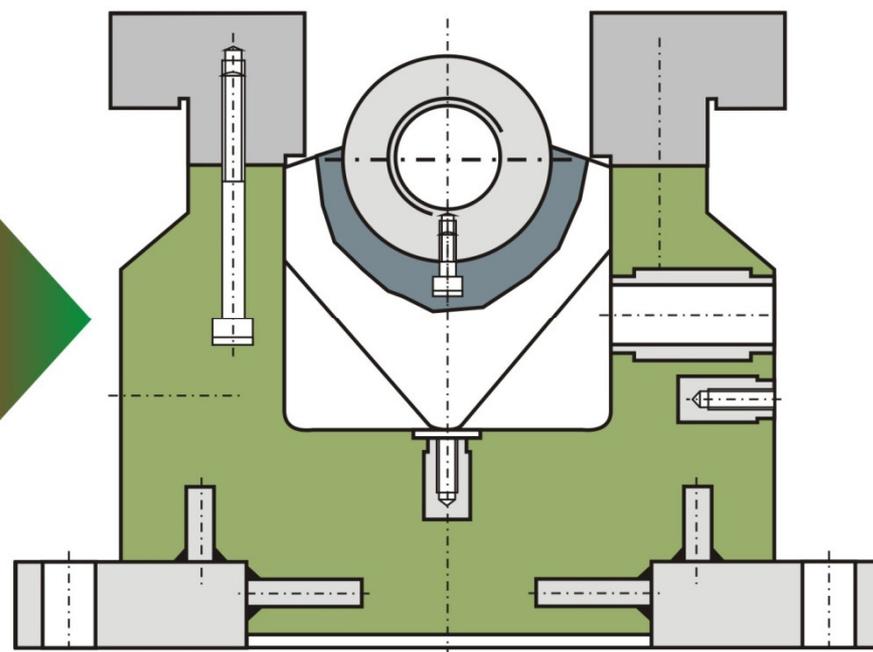


EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Detalhes dos Inserts



FOFO

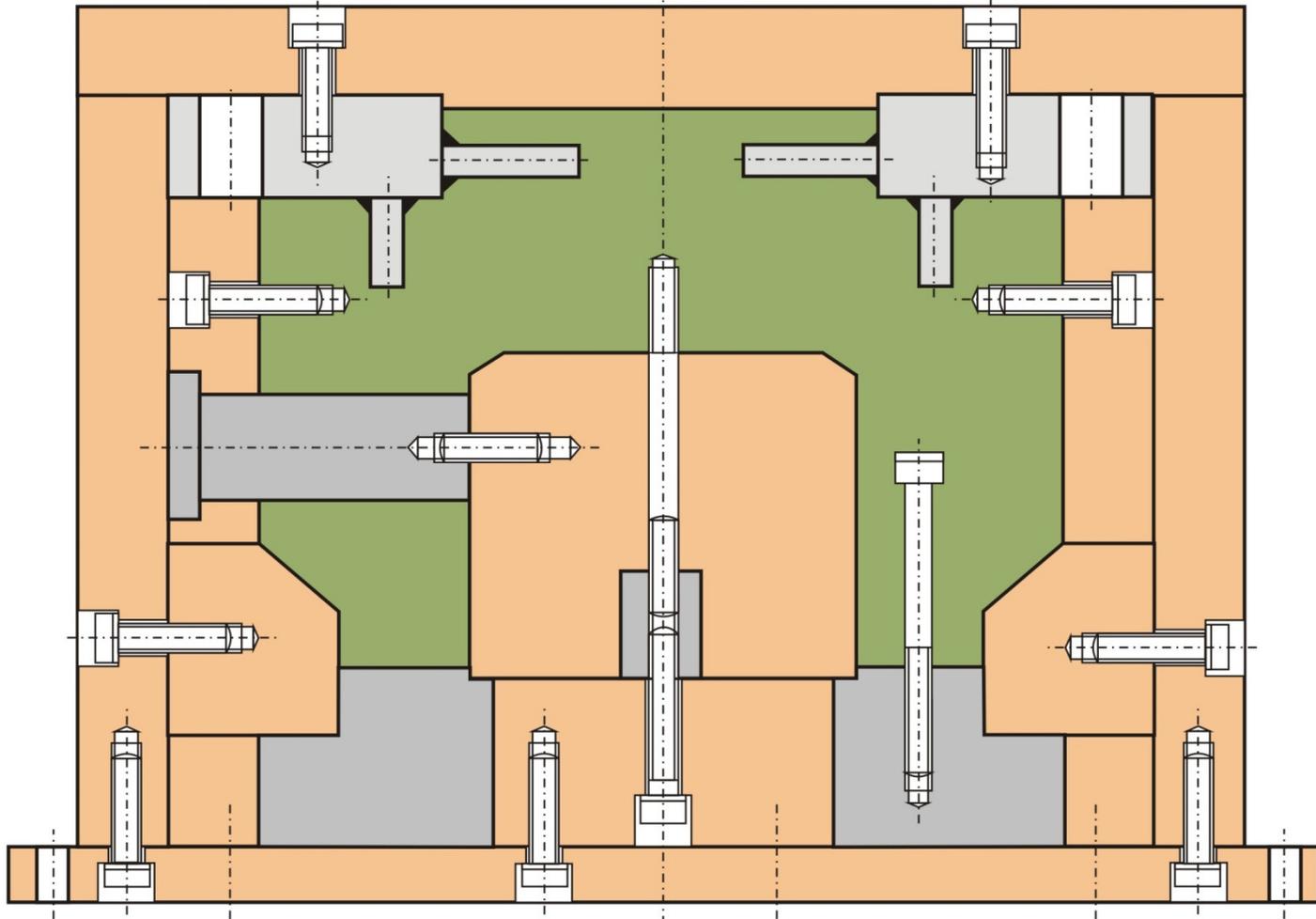


GRANITO SINTÉTICO

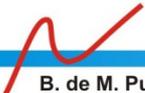
ESTRUTURA PARA TRANFER LINE



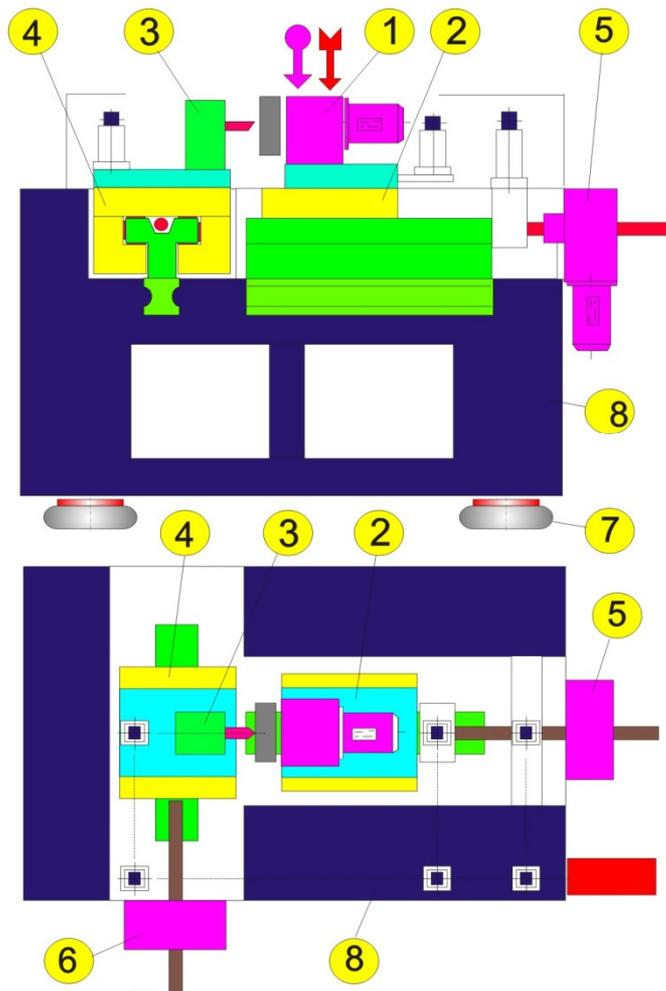
EXEMPLO DE APLICAÇÃO



MOLDE



TORNO DE ULTRAPRECISÃO PARA USINAGEM COM DIAMANTE MONOCRISTALINO (CROQUI)



EXEMPLO DE APLICAÇÃO

- 1 - CABEÇOTE AEROSTÁTICO
- 2 - MESA DO CABEÇOTE
- 3 - PORTA FERRAMENTA
- 4 - MESA DO PORTA FERRAMENTA
- 5 - ACIONAMENTO DA MESA DO CABEÇOTE
- 6 - ACIONAMENTO DA MESA DO PORTA FERRAMENTA
- 7 - AMORTECEDORES

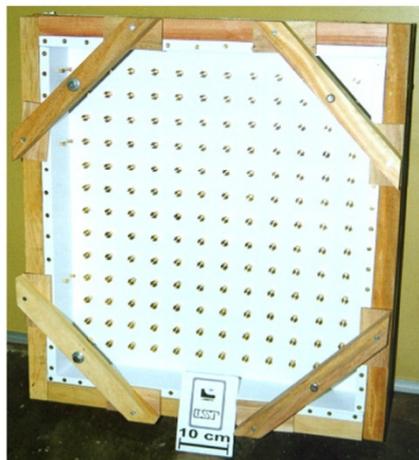
8 - ESTRUTURA DE GRANITO SINTÉTICO

SISTEMAS

- Vácuo
- Interferométrico
- Ar comprimido

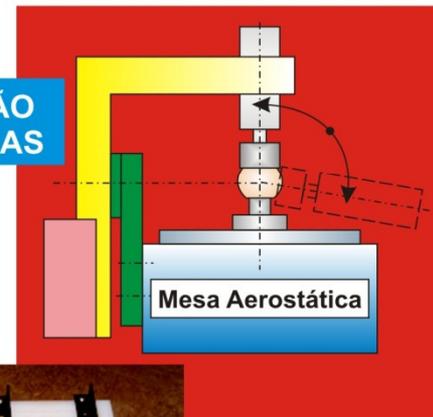


MOLDES E ESTRUTURAS MOLDADAS



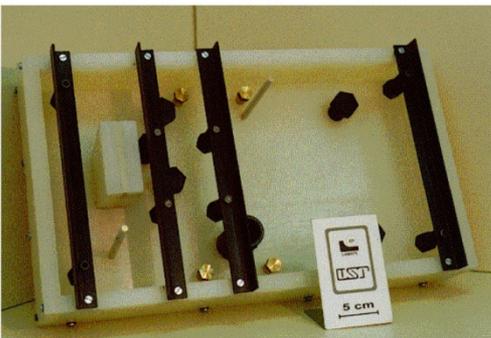
BASE DO RELÓGIO ATÔMICO (IFSC)
 Molde e Base.

ESQUEMA DA RETIFICAÇÃO DE ESFERAS DE CERÂMICAS



ESTRUTURA DA RETIFICADORA DE ESFERAS DE CERÂMICA - Molde.

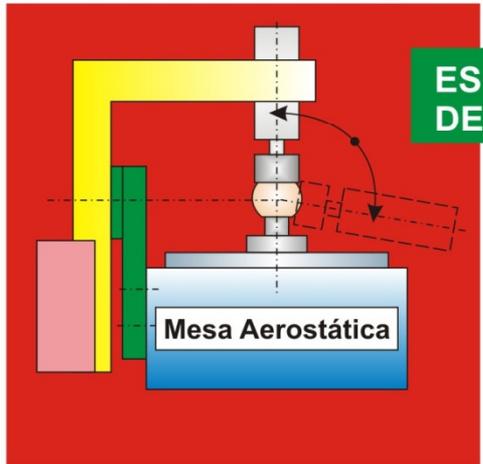
EXEMPLOS DE APLICAÇÃO



BASE DA RETIFICADORA DE CORPOS-DE-PROVAS DE CERÂMICA- Molde e Base.



RETIFICADORA DE ESFERAS DE CERÂMICAS



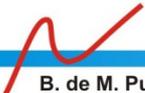
ESQUEMA DA RETIFICAÇÃO DE ESFERAS DE CERÂMCAS

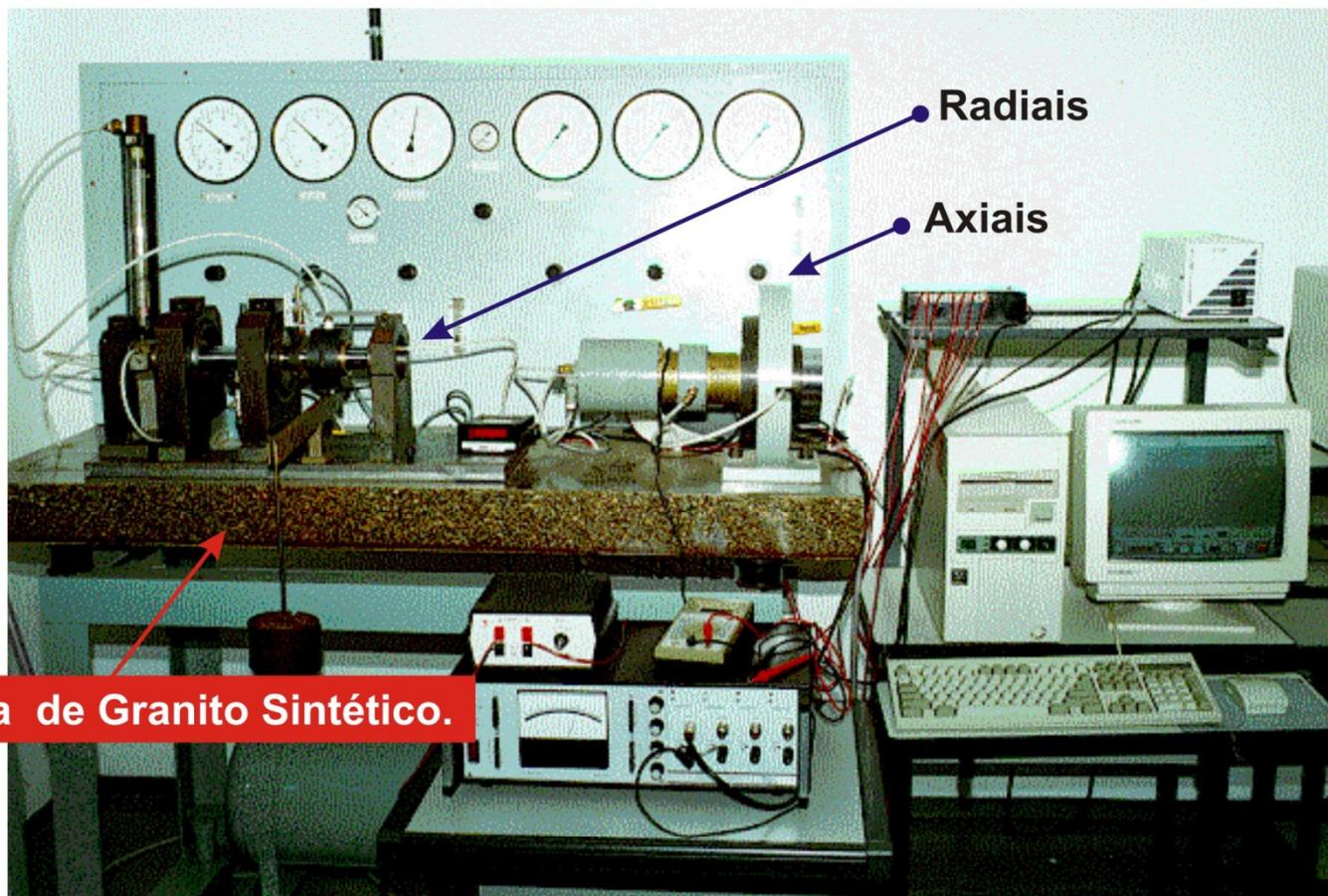


RETIFICADORA



MOLDE

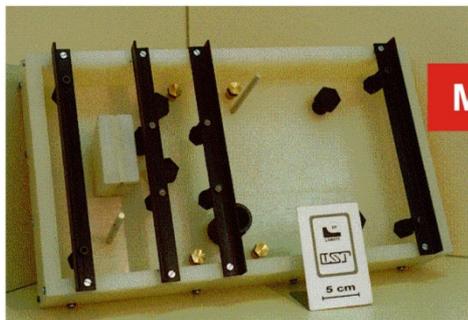




Mesa de Granito Sintético.

BANCO DE ENSAIOS DE MANCAIS AEROSTÁTICOS AXIAIS E RADIAIS





MOLDE DA BASE



RETIFICADORA

BASE MOLDADA



RETIFICADORA DE CORPOS DE PROVAS

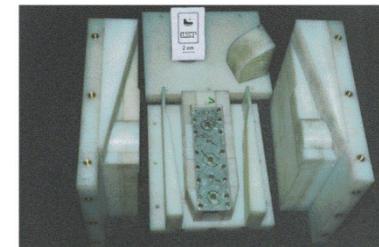


Microscópio Óptico Brasileiro

FAPESP CNPq finep



INSERTOS METÁLICOS



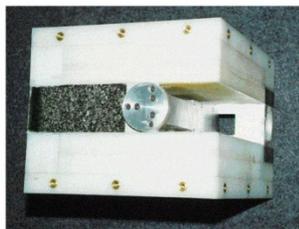
PARTES DO MOLDE



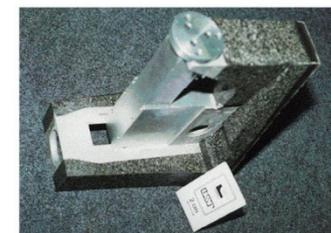
FIXAÇÃO NA MESA VIBRATÓRIA



MOLDAGEM



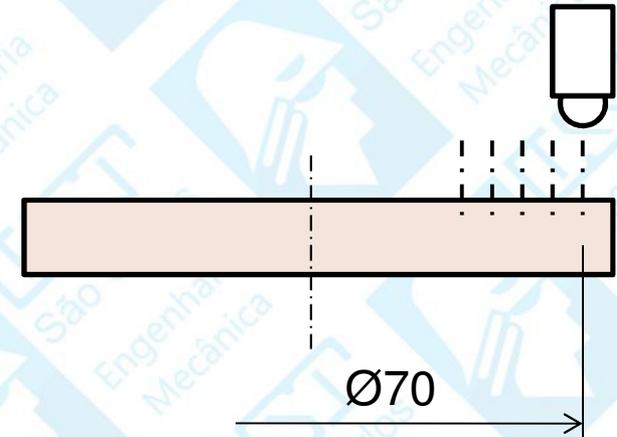
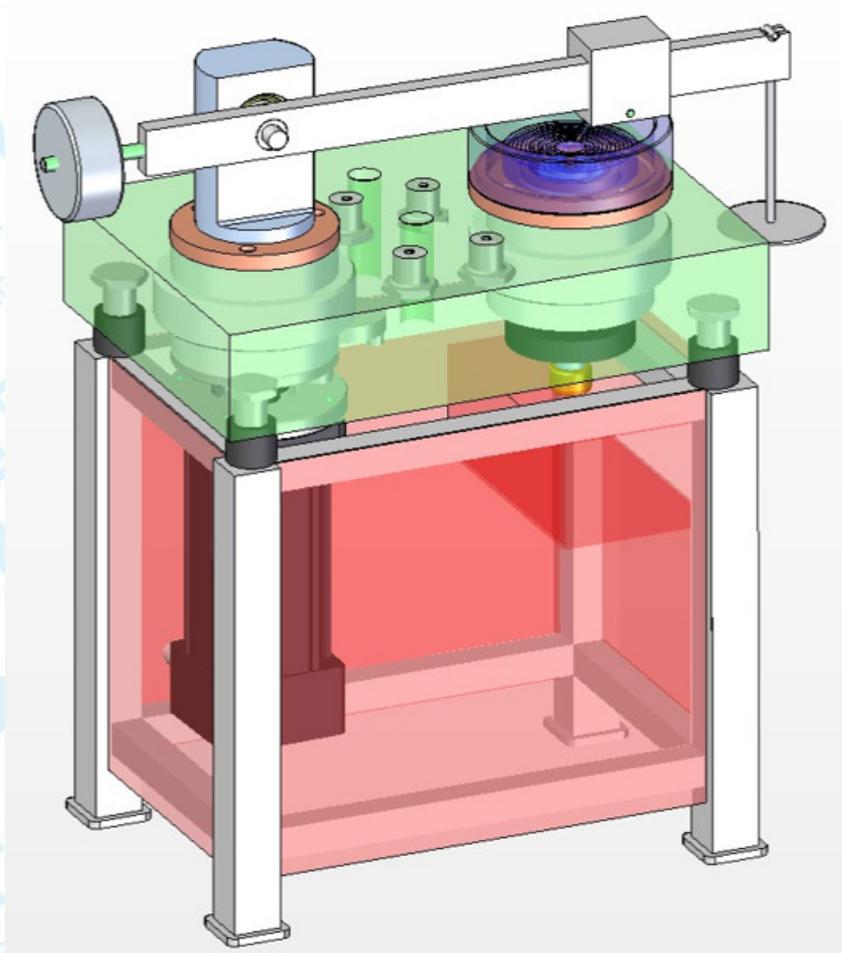
DESMOLDAGEM



DESMOLDAGEM-COMPLETA



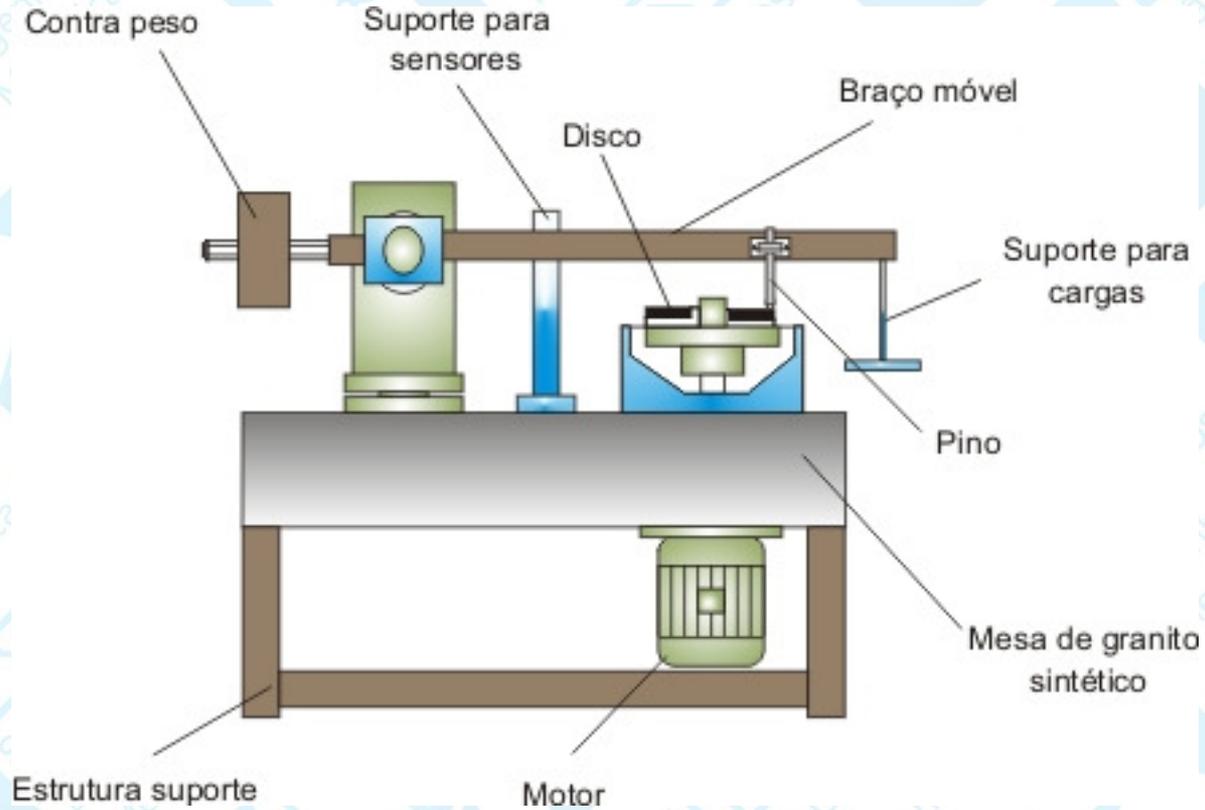
Projeto: *pin-on-disc*

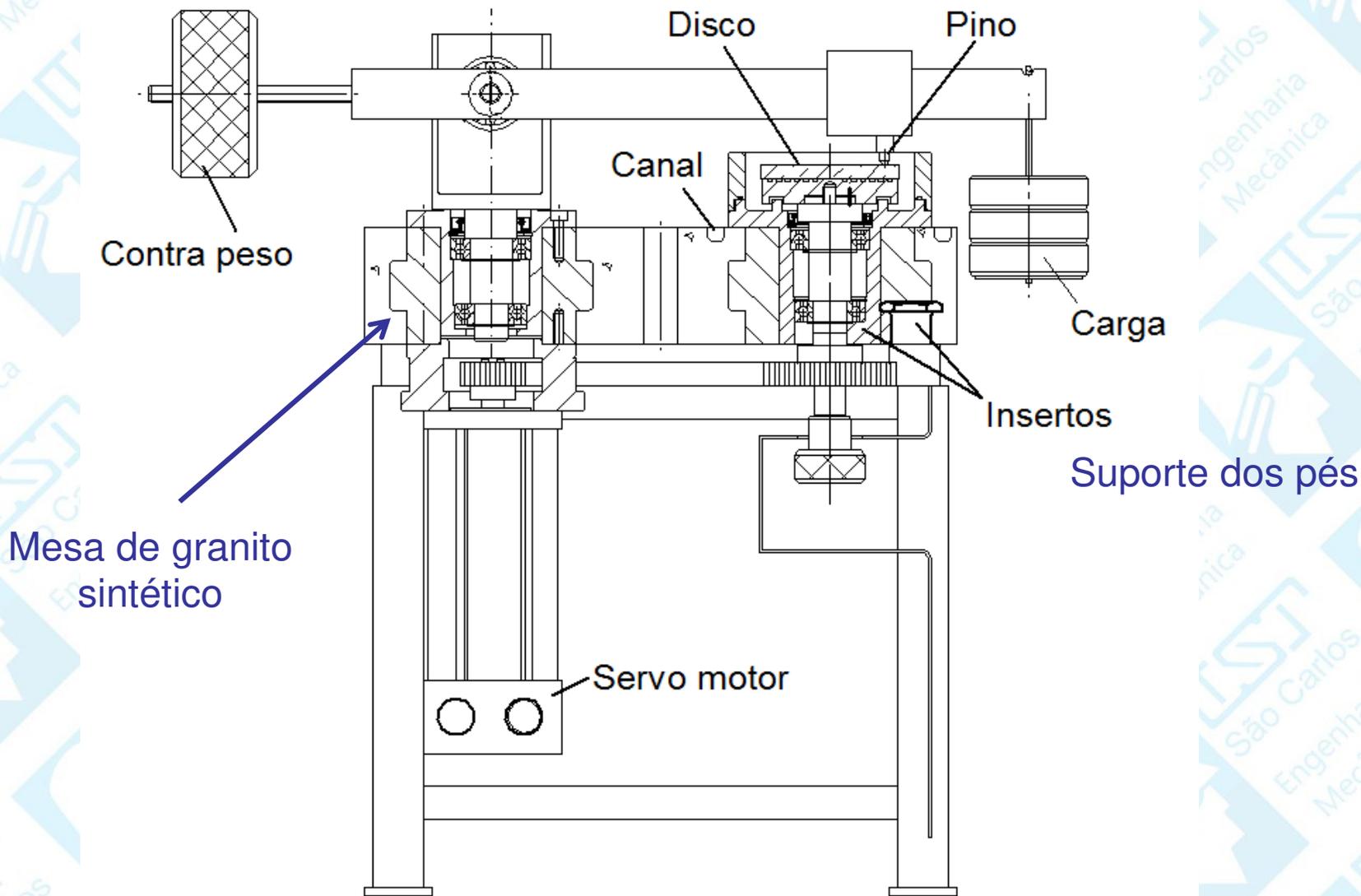


$W = 0 \text{ a } 40\text{N}$
 $V = \dots\dots \text{até } 5\text{m/s}$
 A seco ou lubrificado
 $M_t = 4,5 \text{ N.m}$

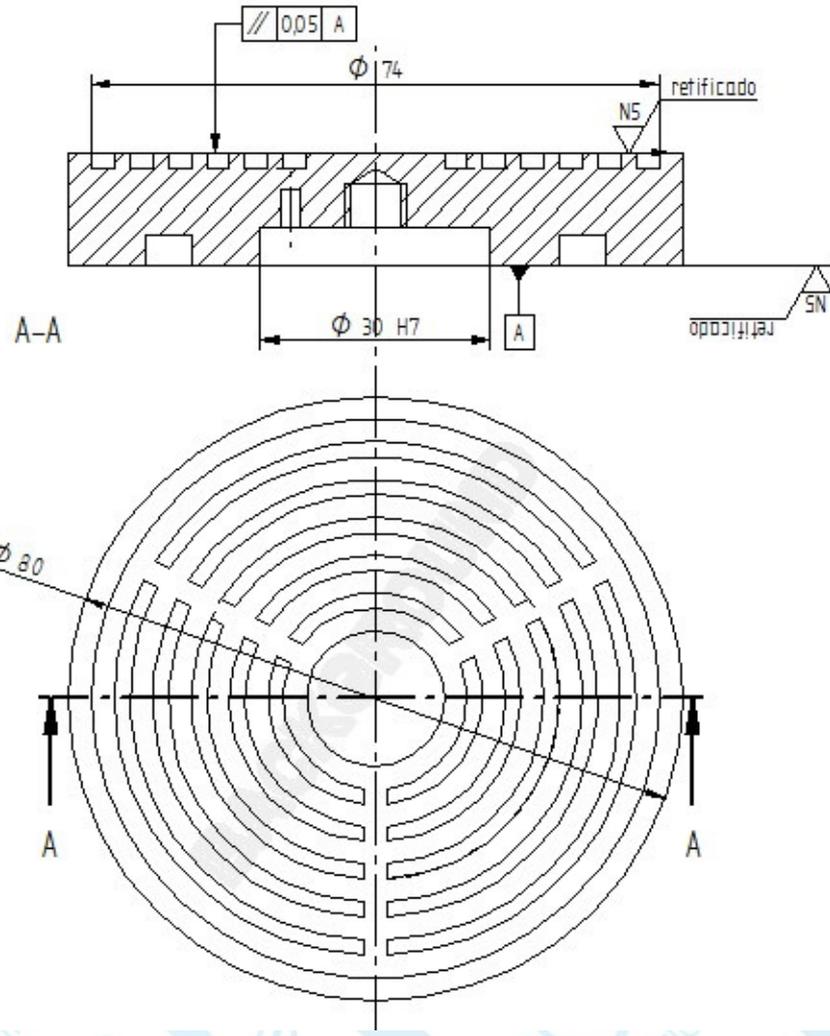


Projeto 1994 – LTC/EESC

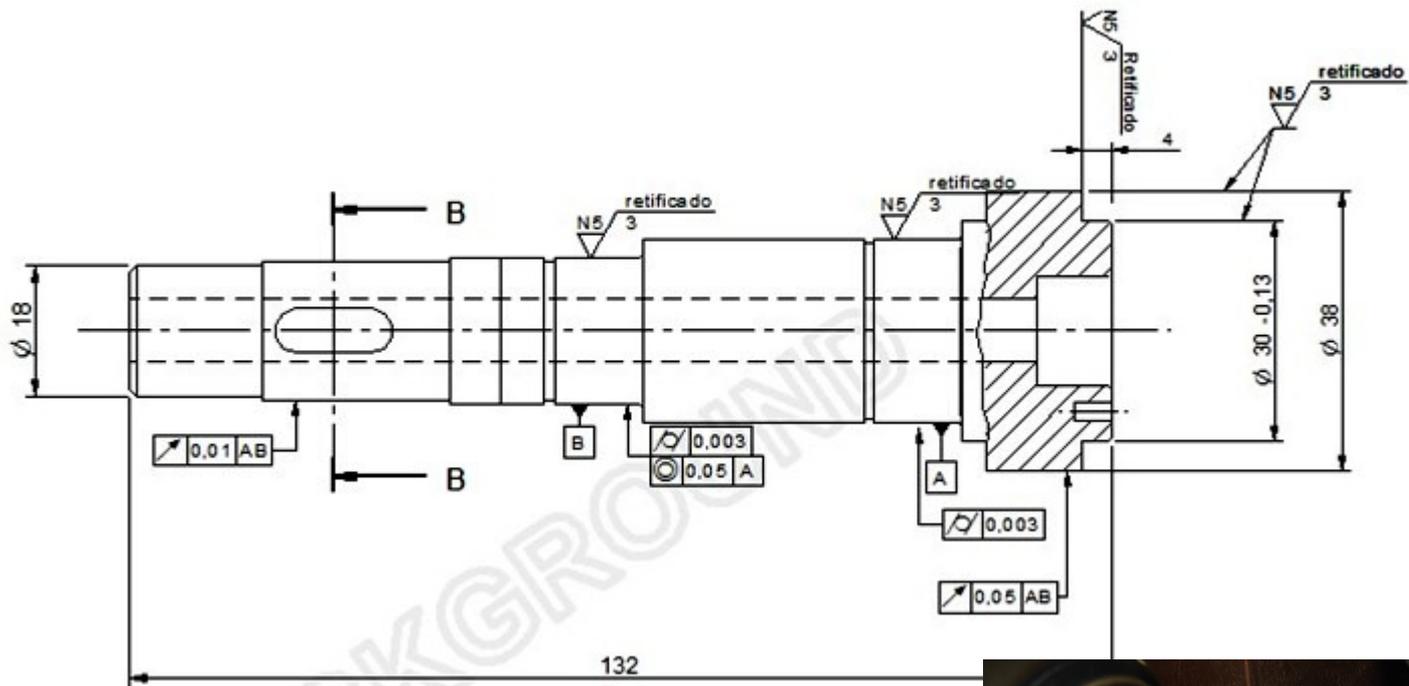




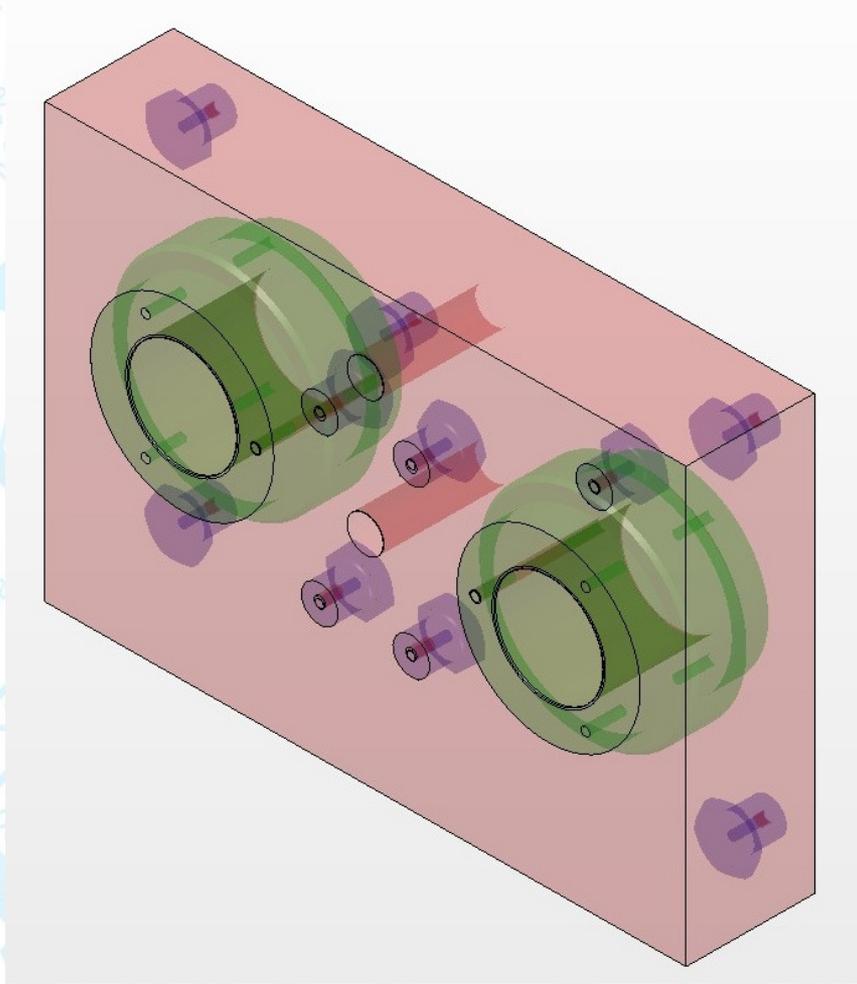
Suporte do disco



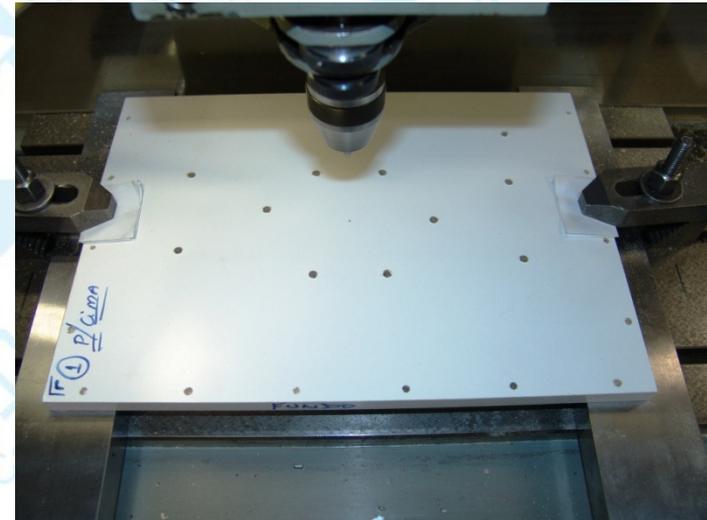
Eixo



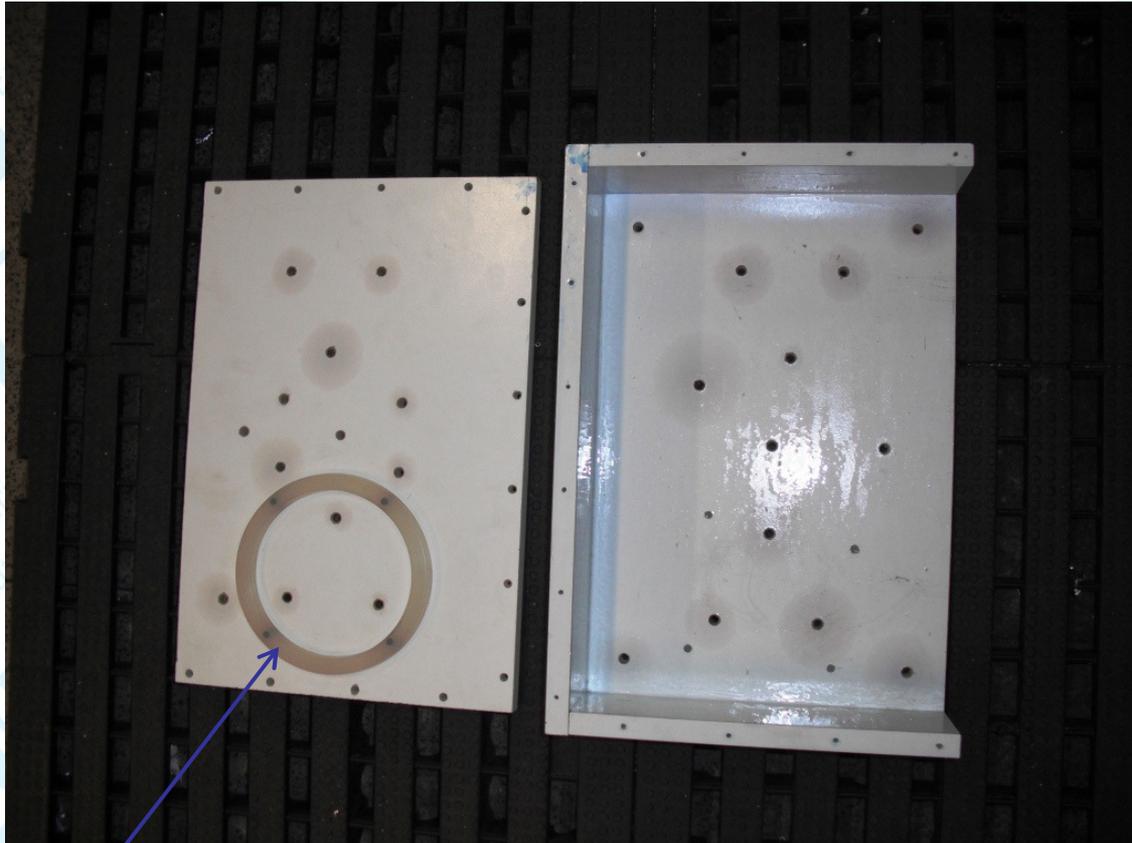
Mesa – projeto



Mesa – fabricação do molde



Montagem – desmoldante - PVAI



Anel para canal de retenção de fluídos



Formulação

Três tamanhos de grãos de granito:

- Fino – 0,3 a 1,2 mm
- Médio – 2 a 4 mm
- Grosso – 7 a 12 mm

18 testes de compactação :

- 30% de grosso;
- 20% de médio;
- 50% de fino.

ρ 1,67 g/cm³

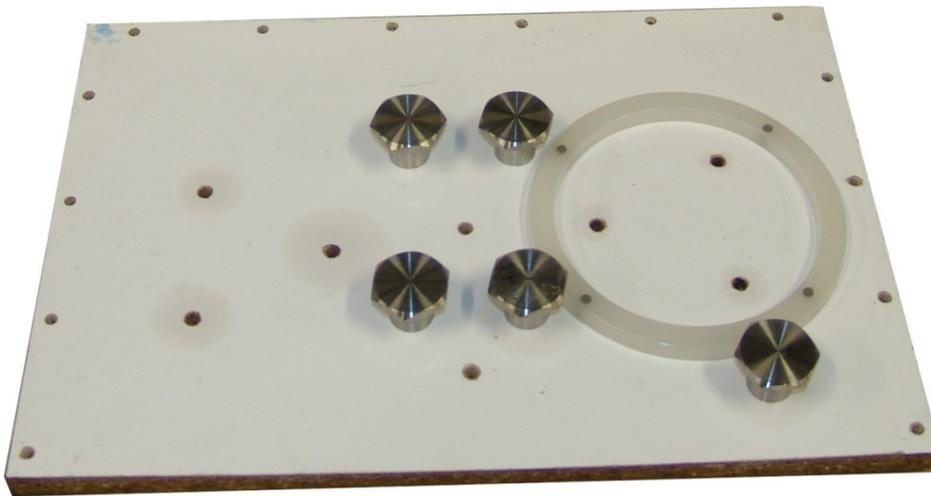
Mesa:

(vol excedente de 10%)

- 8,083 Kg de granito;
- 1,726 Kg de resina;
- 345g de endurecedor.



Molde - montagem



Mistura



Mesa vibratória

Preenchimento



Moldagem - finalização



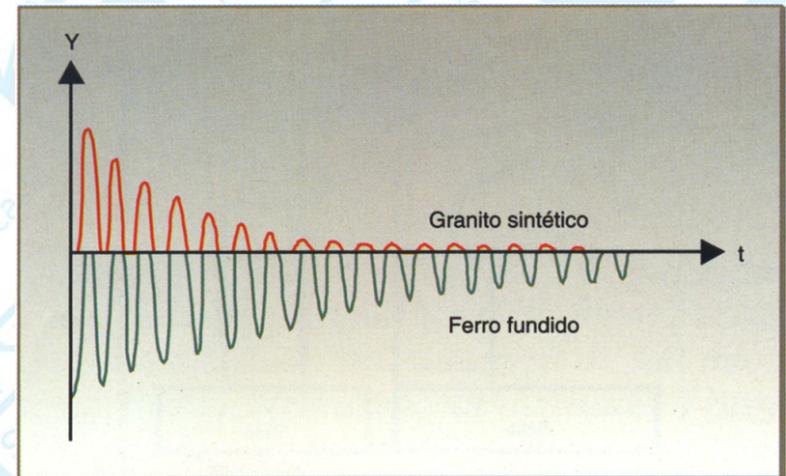
Desmoldagem



Filme de PVAI



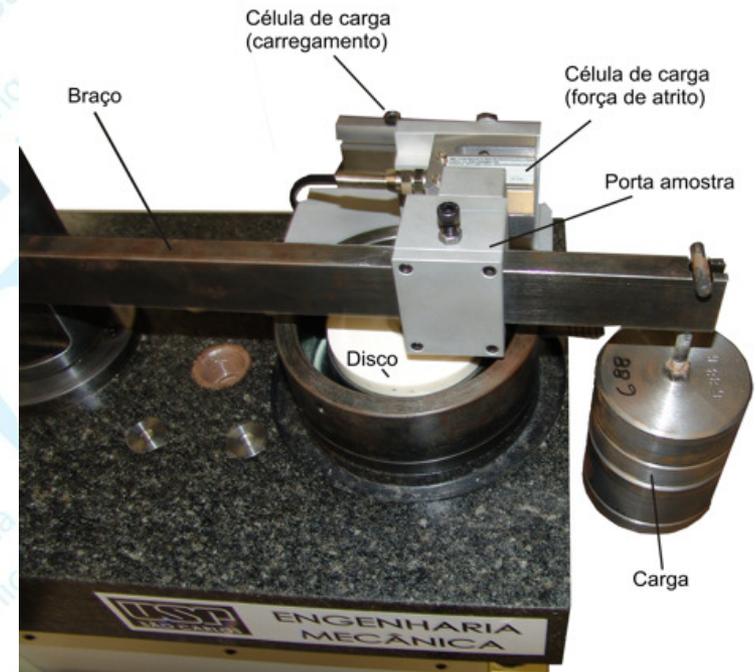
MESA



Componentes



Protótipo



Estrutura



Células de carga - fixação





54º Congresso Brasileiro de Cerâmica

30 de maio a 02 de junho de 2010 • Foz do Iguaçu • Paraná • Brasil

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA

de conformidade com seu Estatuto Social confere o

*Prêmio de Terceiro Melhor Trabalho Apresentado no
54º Congresso Brasileiro de Cerâmica*

aos autores

Ramos, D.T.L; Fortulan, C.A.; Pallone, E.M.J.A.; Purquerio, B.M.

do trabalho

Projeto de um Protótipo de um Banco de Ensaio de Desgaste do Tipo “PIN-ON-DISC”

Apresentado por

Carlos Alberto Fortulan

Foz do Iguaçu, 02 de junho de 2010.

Ana Paula Margarido Menegazzo

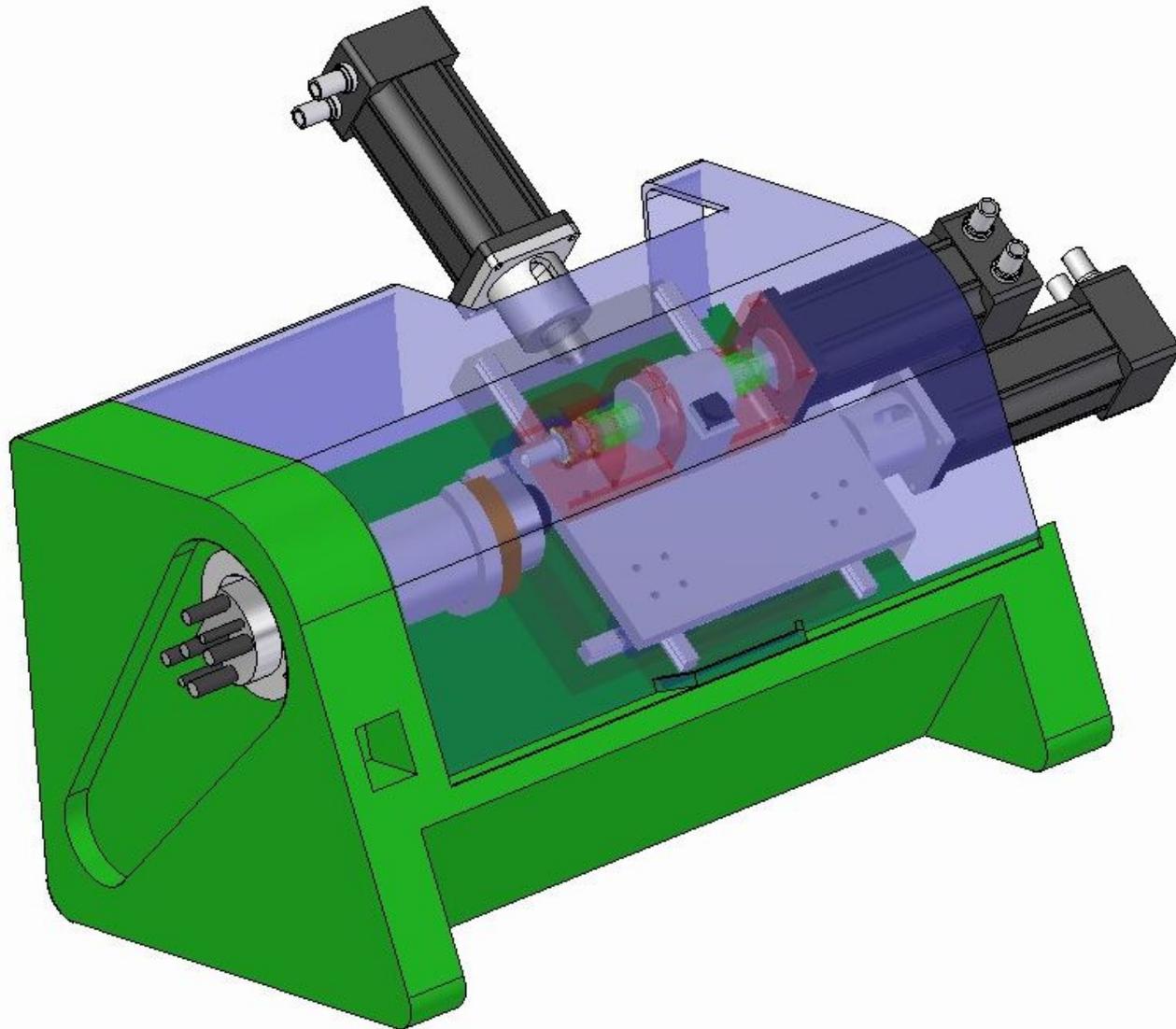
Diretora de Eventos

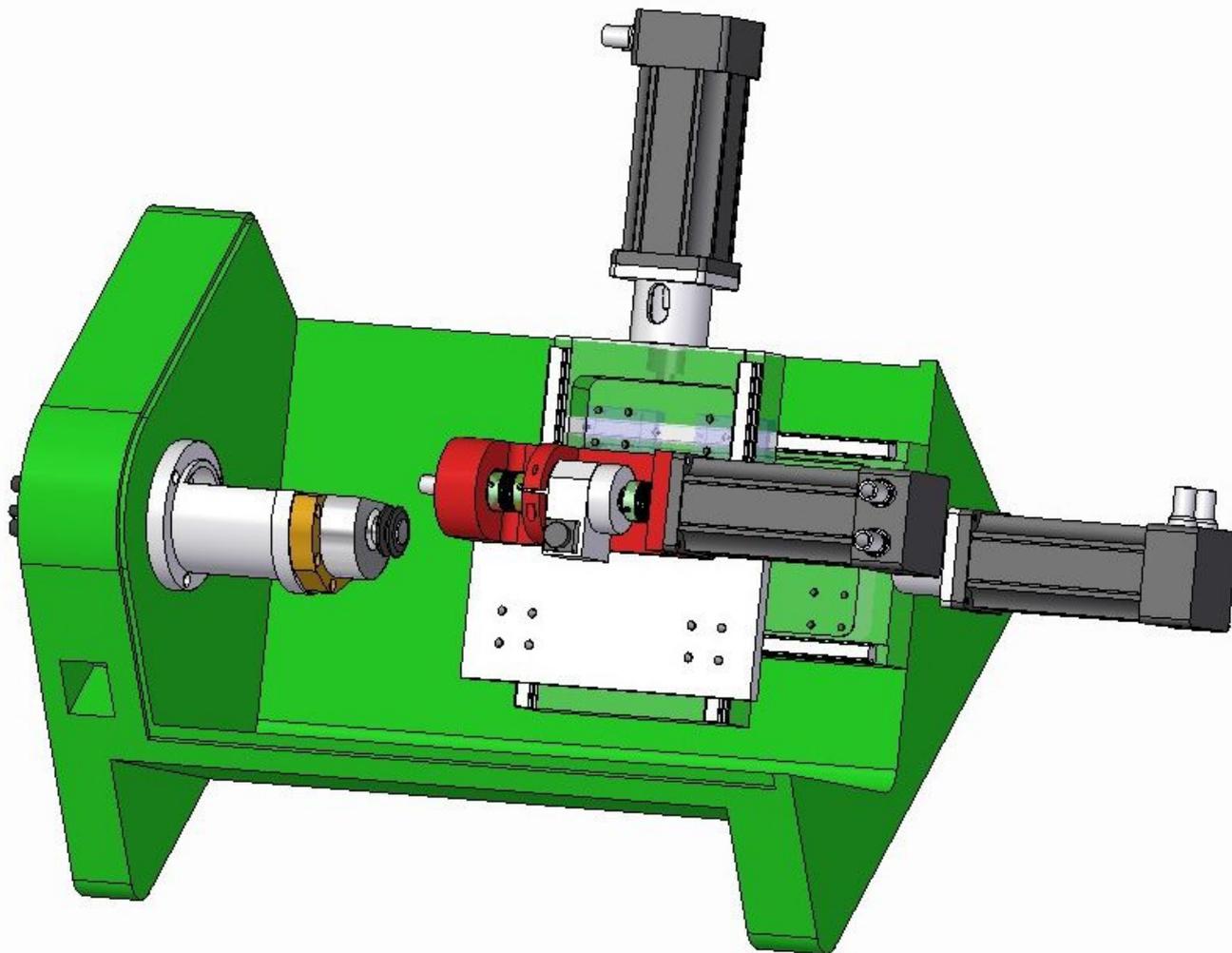
Leonardo Curimbaba Ferreira

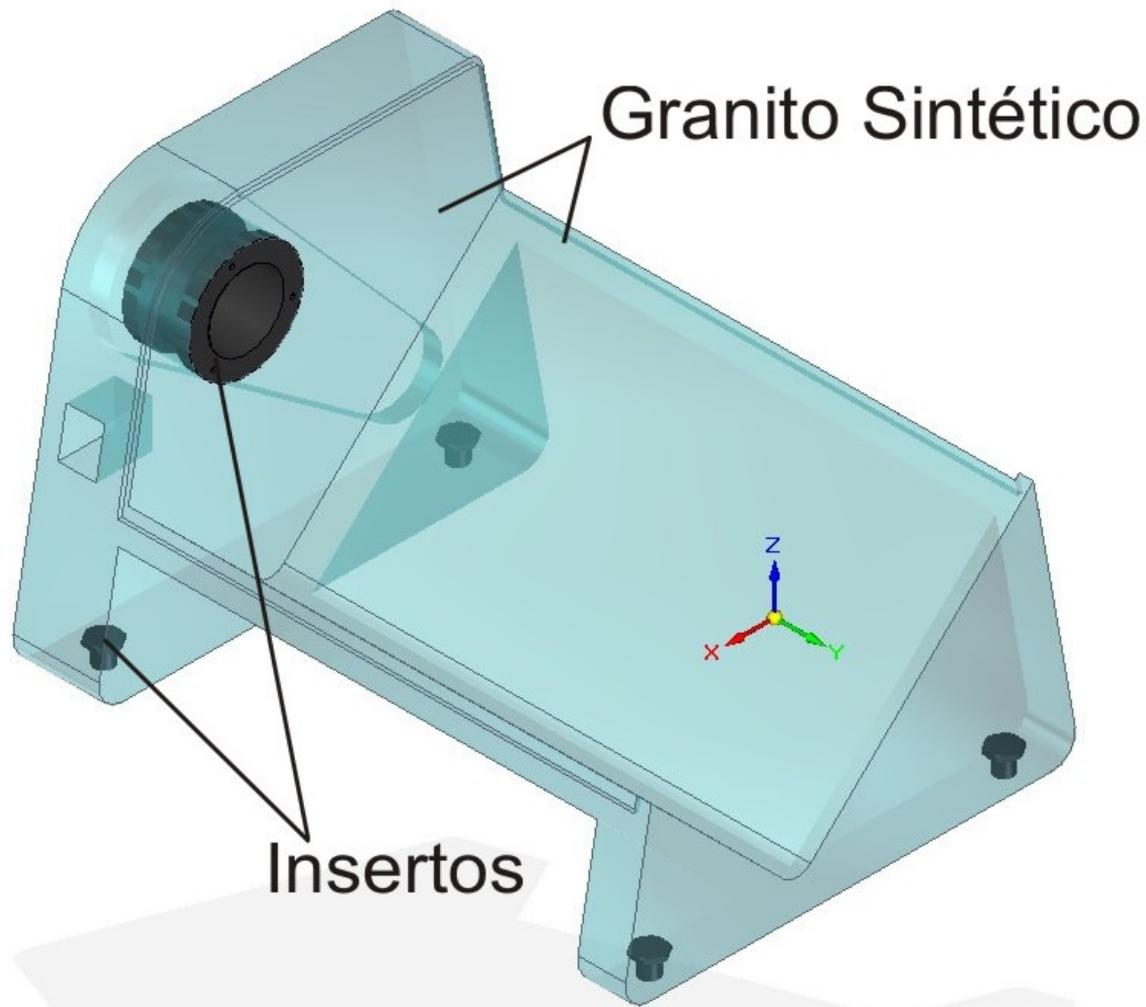
Presidente

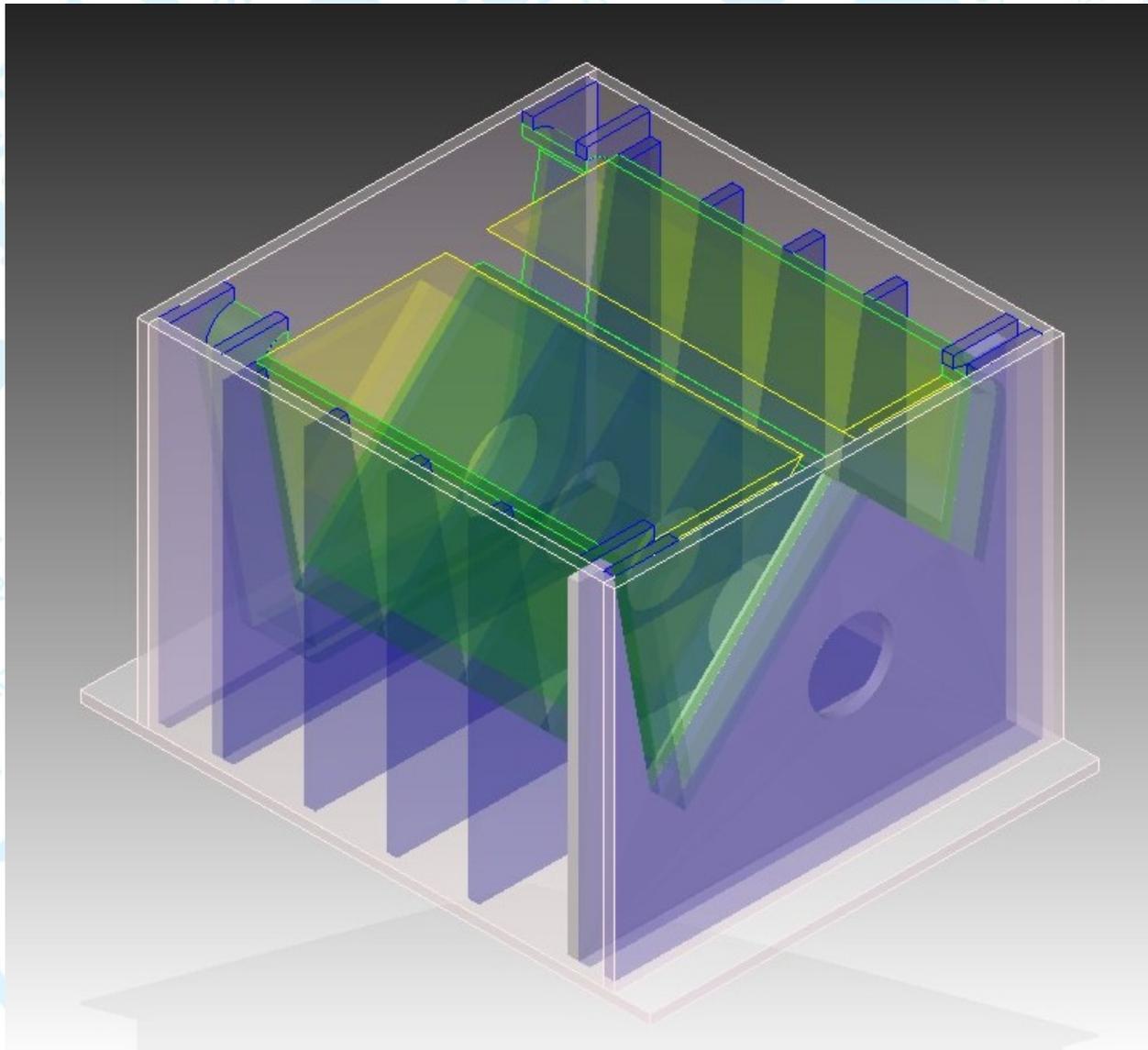
CERTIFICADO

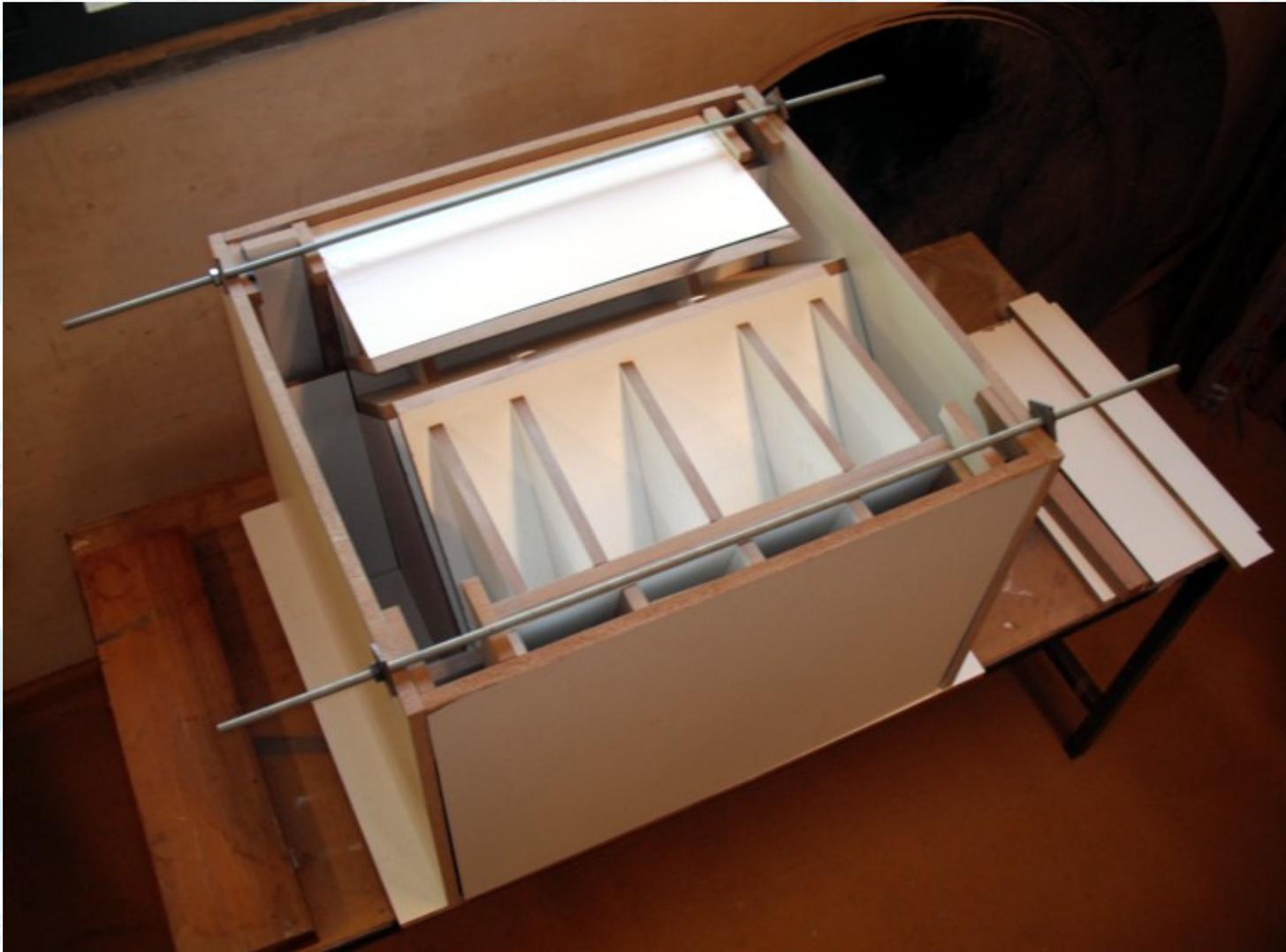










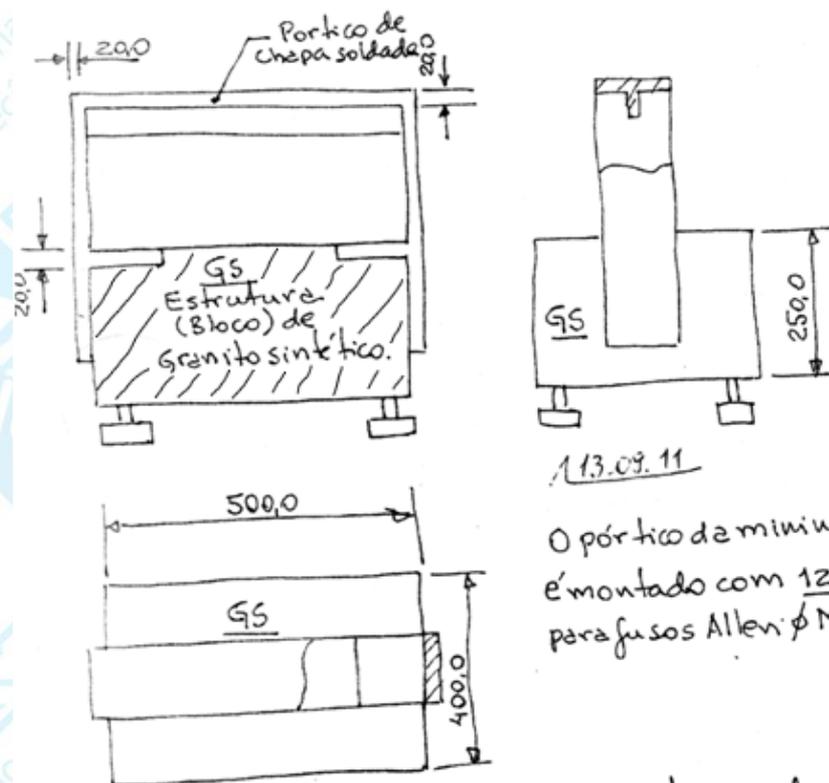




Aula 04 - Teórica

Fazer Croqui do Granito sintético com os insertos

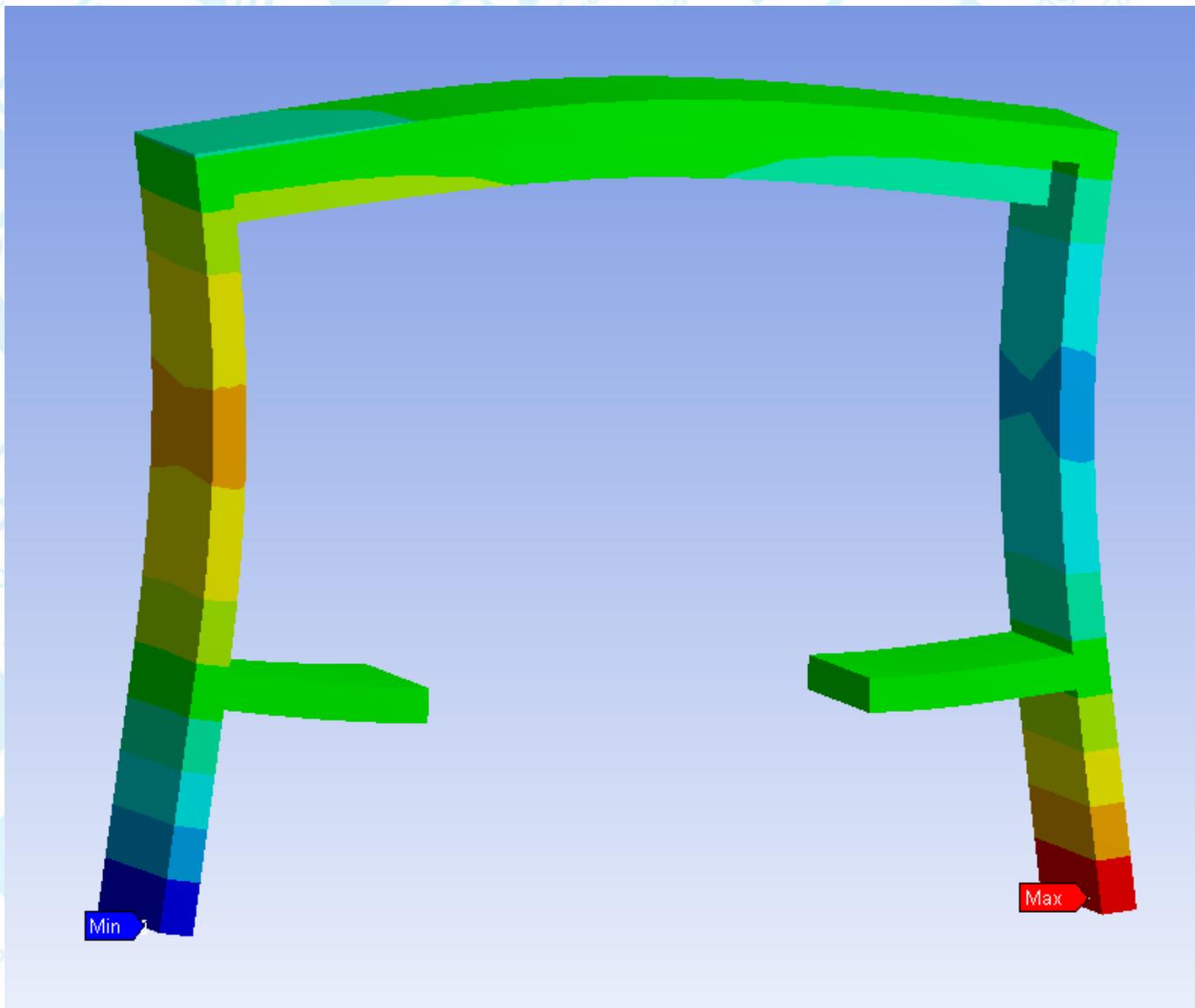
✓ corte parcial do granito com os insertos



O pórtico de mini máquina é montado com 12 ou 16 para fusos Allen: ϕ M10

- 1) Desenhar os insertos para a montagem do pórtico na estrutura (bloco) de granito sintético.
 - 2) Desenhar os insertos dos pés.
- Obs: Somente um inserto de cedo, inserido na estrutura de G.S.





Aula Prática 04

Aula 04 - Prática

Croqui das Máquinas:

Refazer o croqui da aula 01 com adição de detalhes e informações adicionais.

