

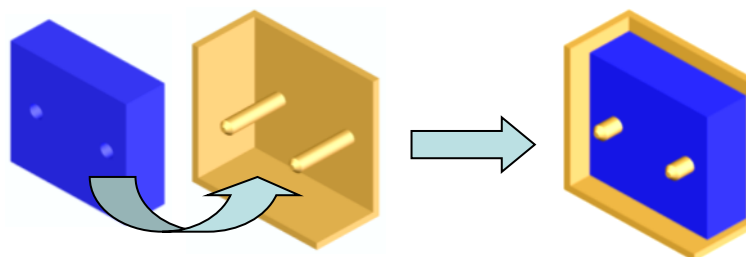
RECURSOS TECNOLÓGICOS PARA CONTROLE DIMENSIONAL DO GD&T

André Roberto de Sousa, Dr. Eng

São Paulo, Novembro de 2007

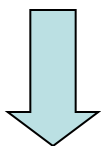
GD&T e novos desafios para a metrologia dimensional

Necessidades do Cliente

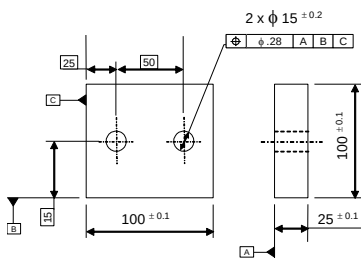


Cotação funcional

Formalização no desenho



Projeto:
*Especificação
geométrica*



Processo:
*Construção
geométrica*



Como medir?

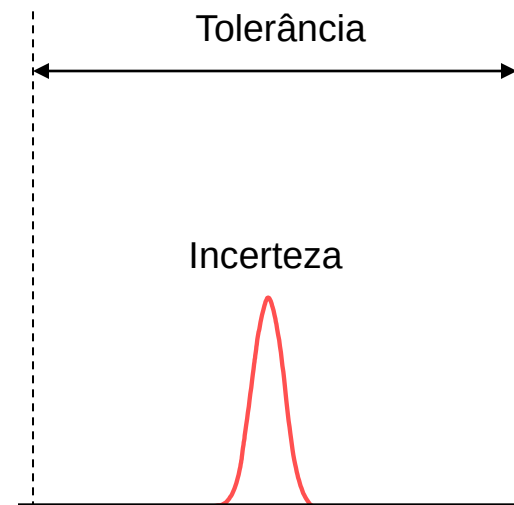
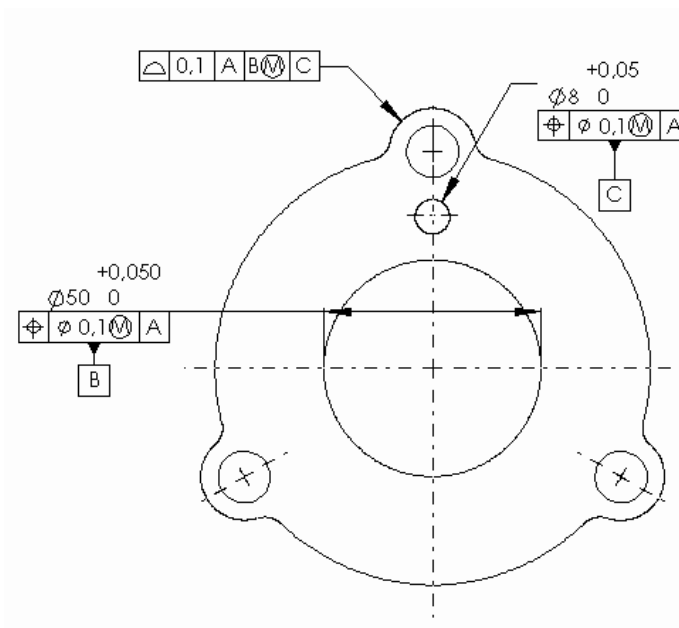


**Metrologia
Controle
Geométrico**



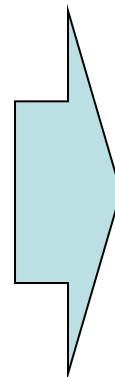
Requisitos das técnicas de medição de tolerâncias geométricas

1. Capacidade de extrair as informações necessárias
2. Exatidão para conferir confiabilidade nessas informações
3. Eficiência operacional e viabilidade econômica

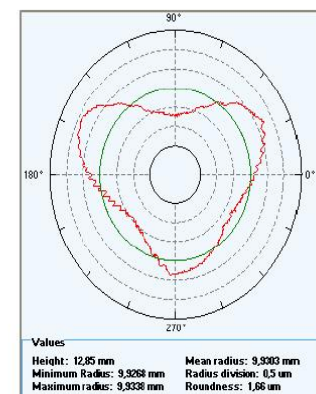
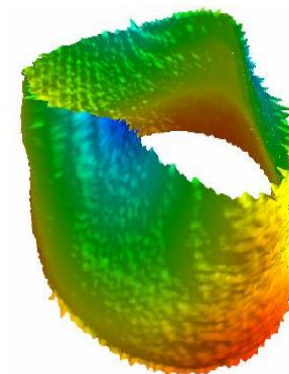


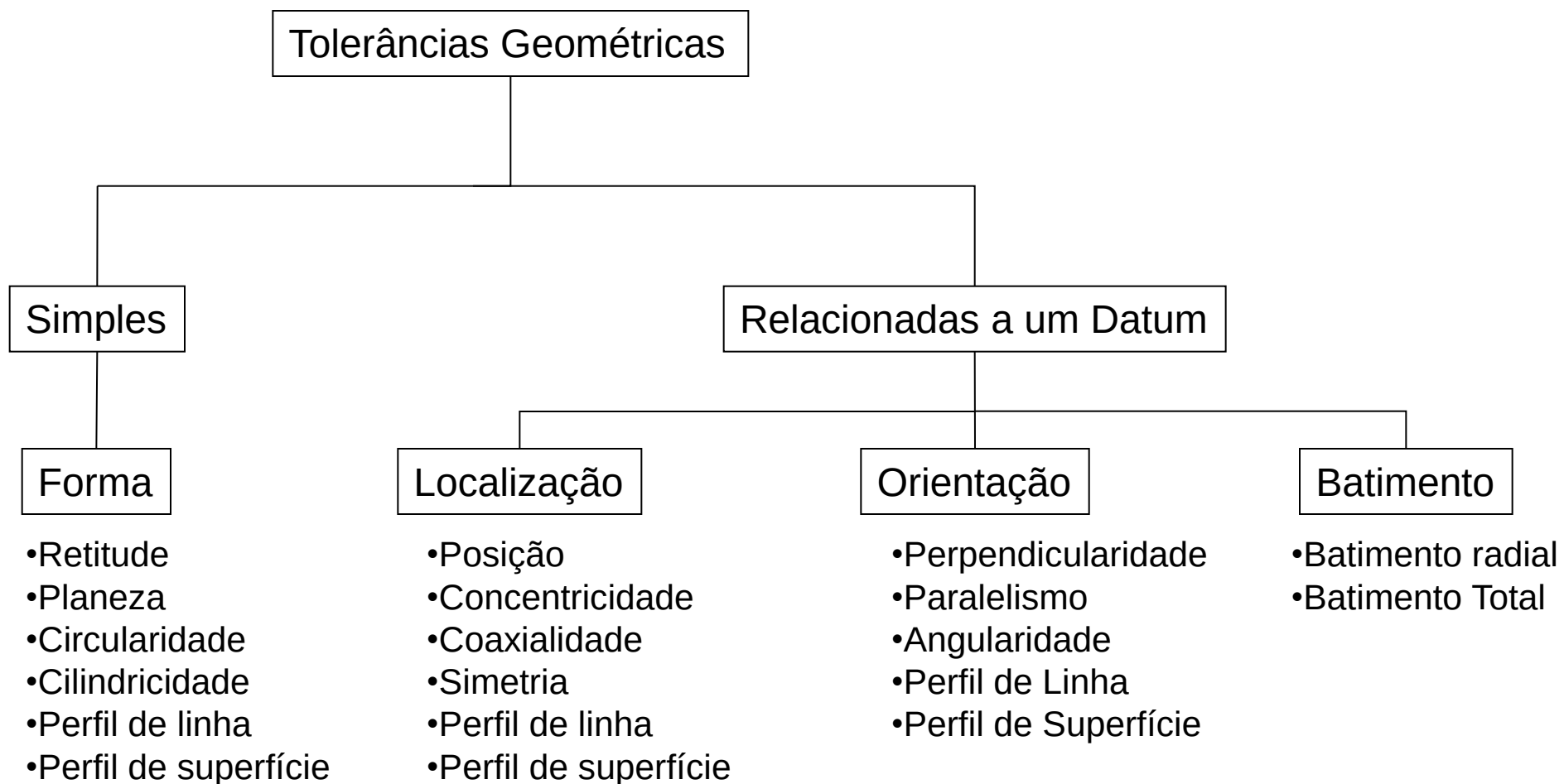
GD&T

Tolerância geométrica	Símbolo
Posição	
Paralelismo	
Perpendicularidade	
Angularidade	
Concentricidade / Coaxialidade	
Simetria	
Circularidade	
Cilindricidade	
Retitude	
Planeza	
Perfil de linha	
Perfil de superfície	
Batimento circular	
Batimento total	

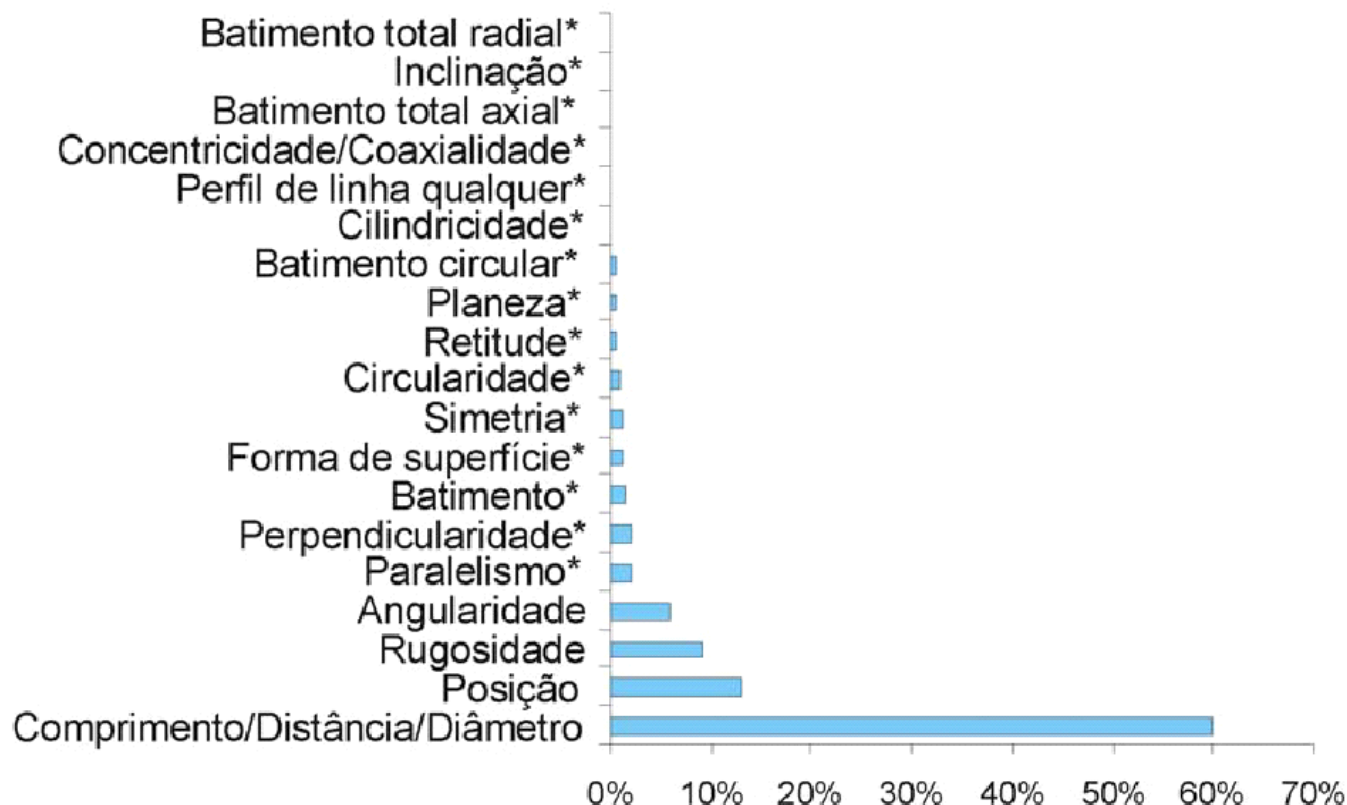


Medição





Necessidades de controle do GD&T



Ocorrência relativa dos diferentes tipos de tolerância geométrica em peças da indústria automobilística alemã.

1

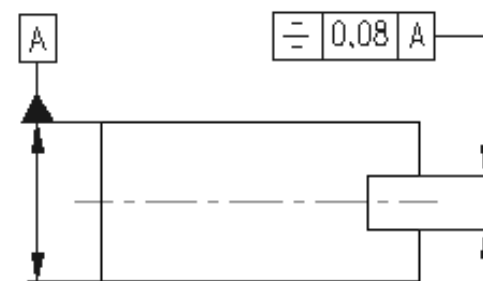
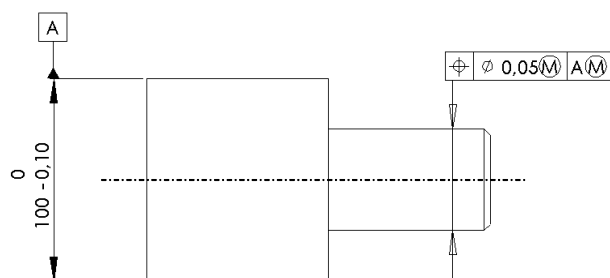
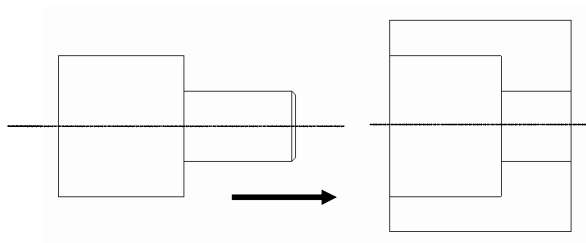
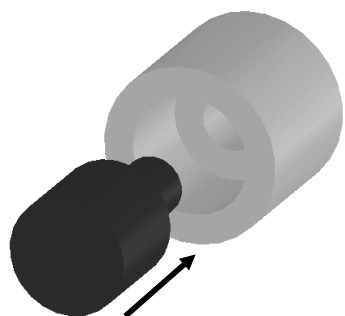
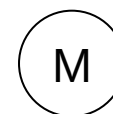
Controle de Tolerâncias de Localização

Tolerâncias de Localização

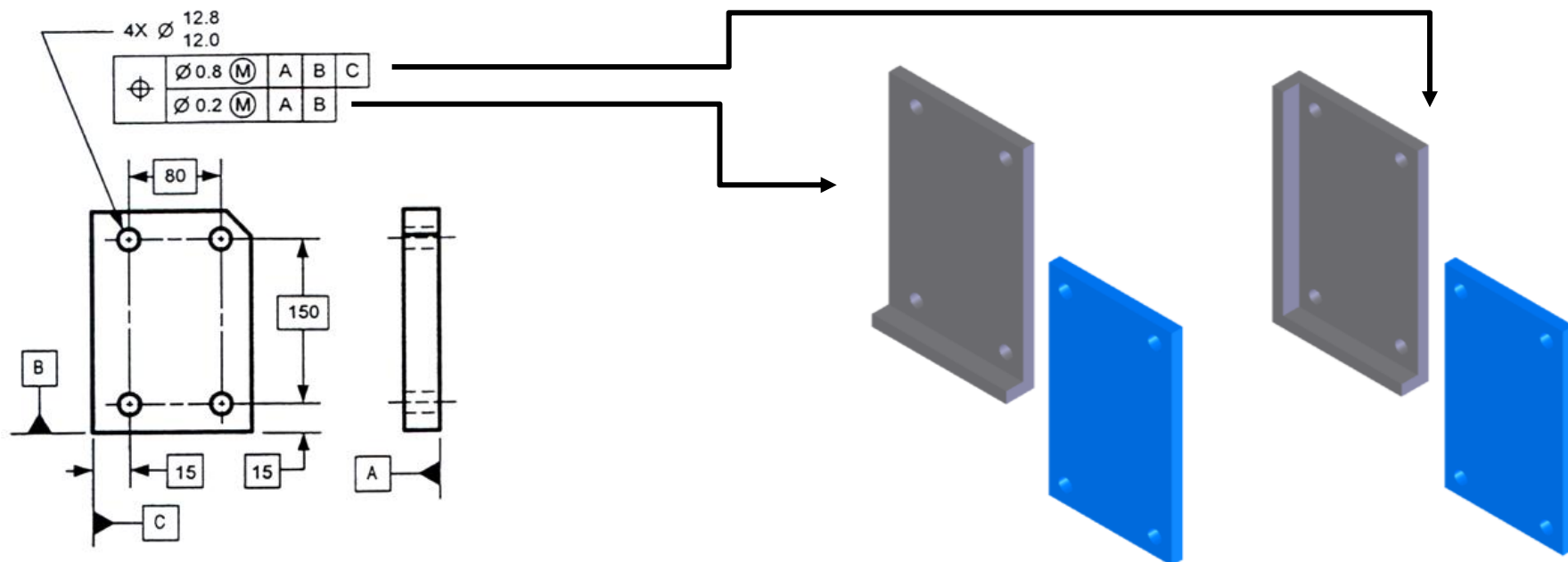
Posição
Concentricidade/Coaxialidade
Simetria

Tolerâncias mais difíceis e caras de serem atendidas

Frequentemente especificadas com modificador de máximo material



Dispositivos de controle



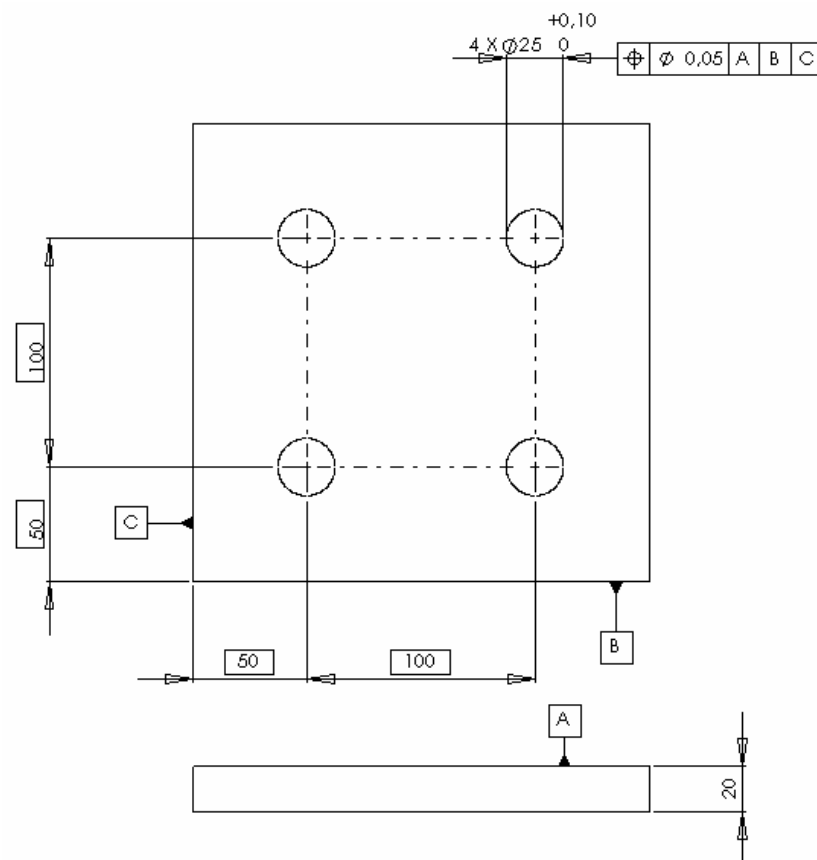


ATENÇÃO!!

Dispositivos de controle não podem ter calibres fixos se não existe Modificador M



O dispositivo sempre considera a dependência entre dimensão e posição.

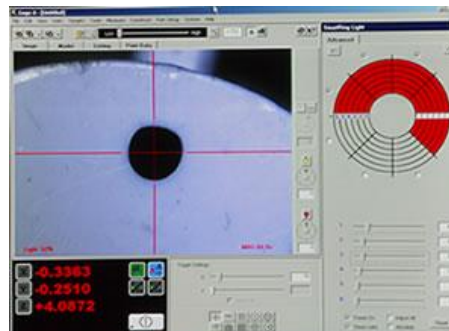


Medição por Coordenadas

Medição Óptica 2D



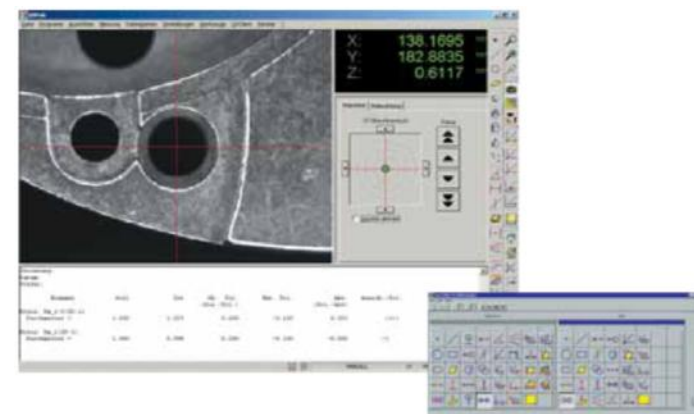
Mitutoyo



Metrolog



Werth



Mitutoyo

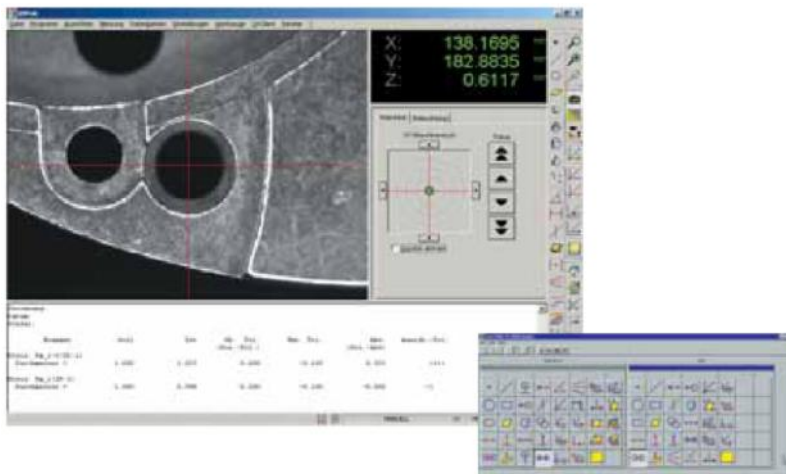
7º Seminário sobre Metrologia Dimensional



Mitutoyo



Virtek



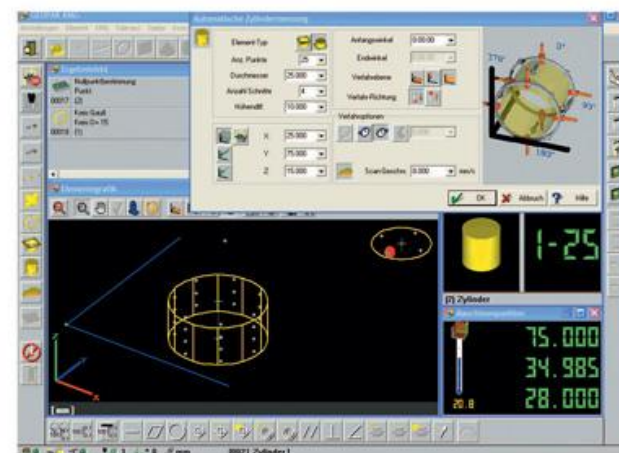
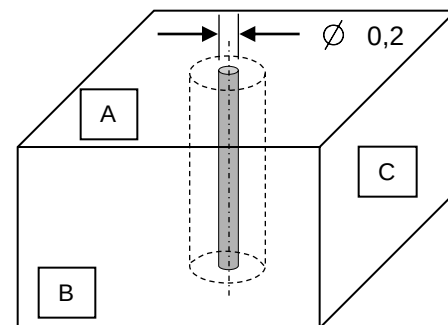
Medição 3D



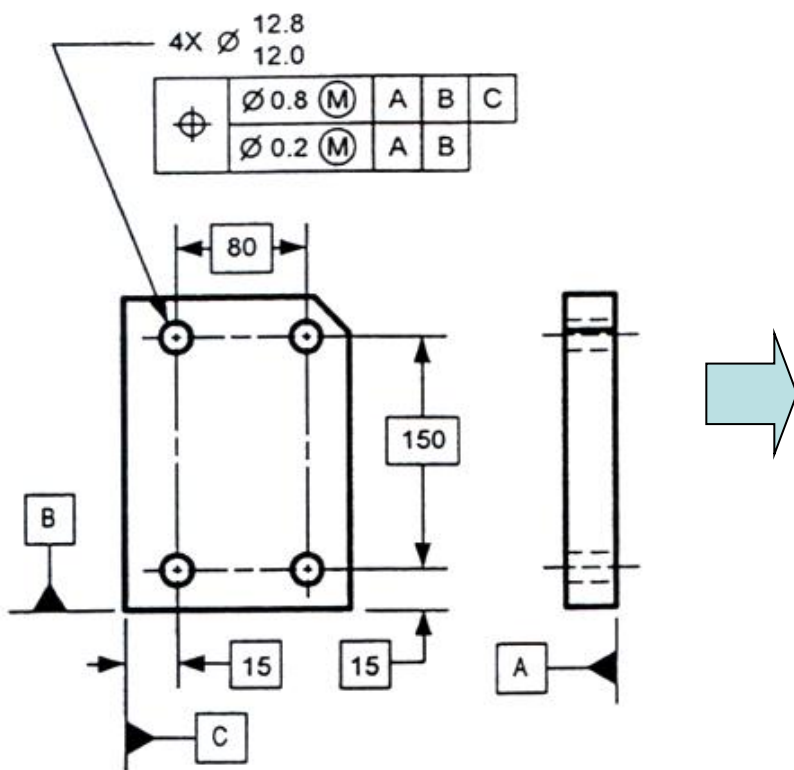
Mitutoyo

A tolerância é válida ao longo de todo o elemento tolerado!

$\oplus$	$\varnothing$	0,2	A	B	C
----------	---------------	-----	---	---	---

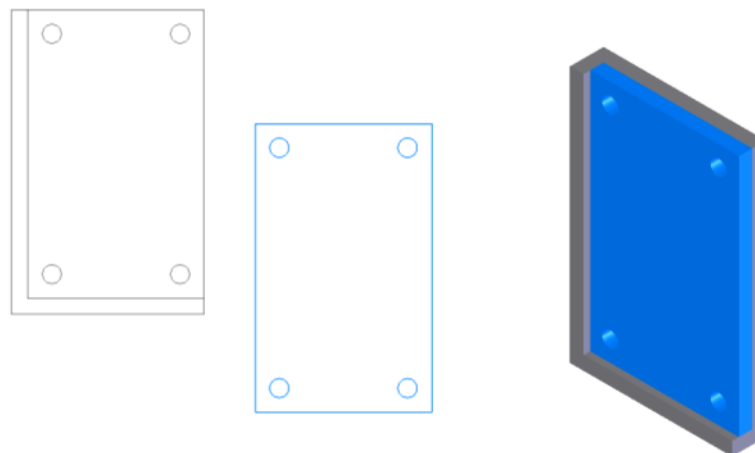


Dispositivos de controle virtuais



Flexibilidade para qualquer peça

- Mede 4 furos
- Simula montagem em contra-peça virtual
- Emite diagnóstico de conformidade



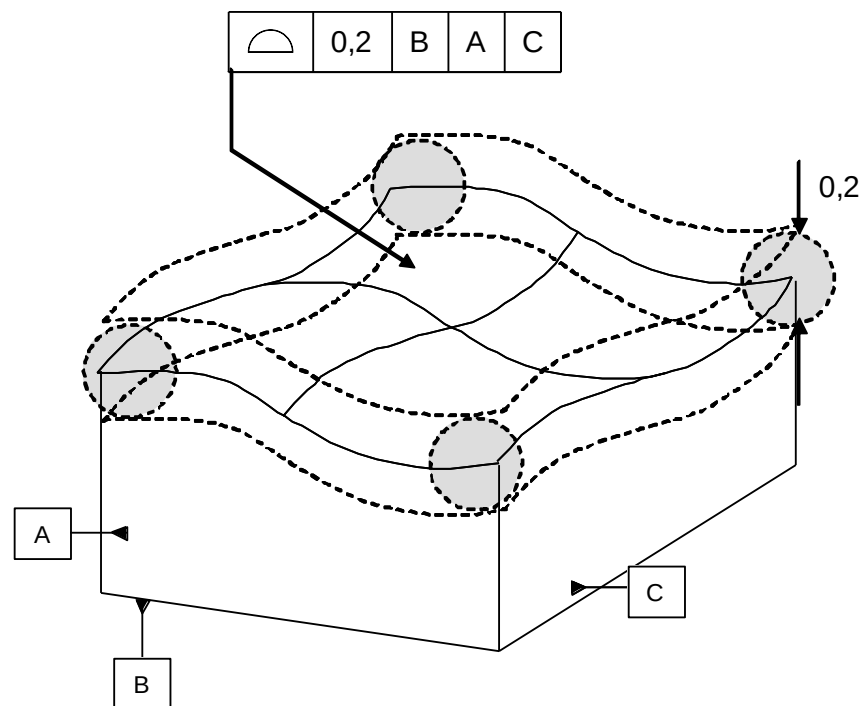
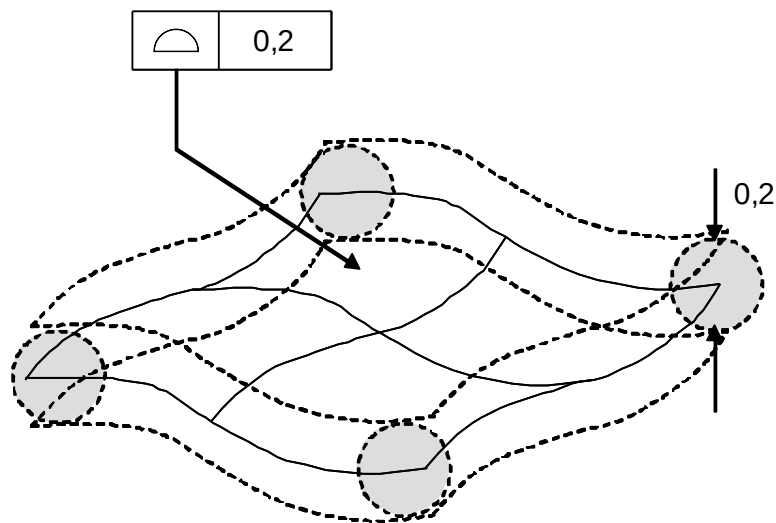
2

Controle de Tolerâncias de Perfil

Tolerâncias de Perfil com Datum

≠

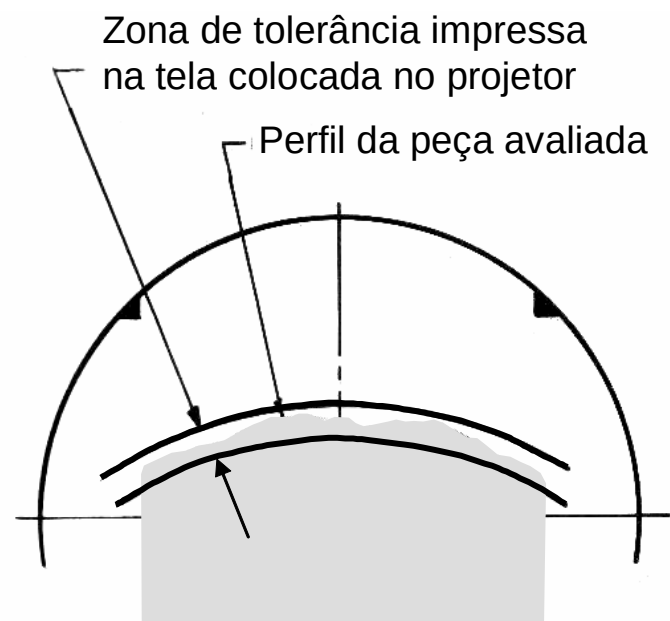
Tolerâncias de Perfil sem Datum



Medição 2D de perfil de linha



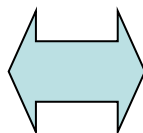
Mitutoyo



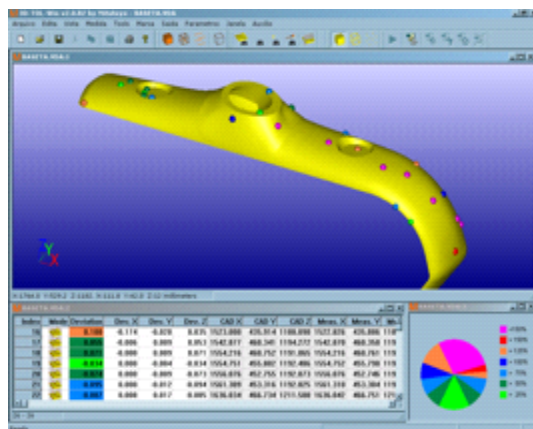
Medição 3D de perfil de superfície

Requer a comparação com modelo matemático

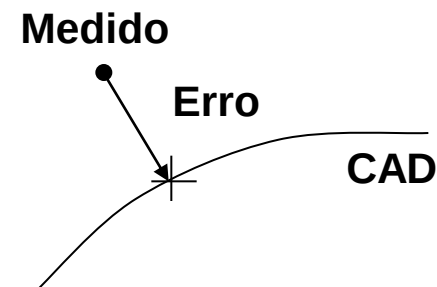
Modelo
CAD



Medição



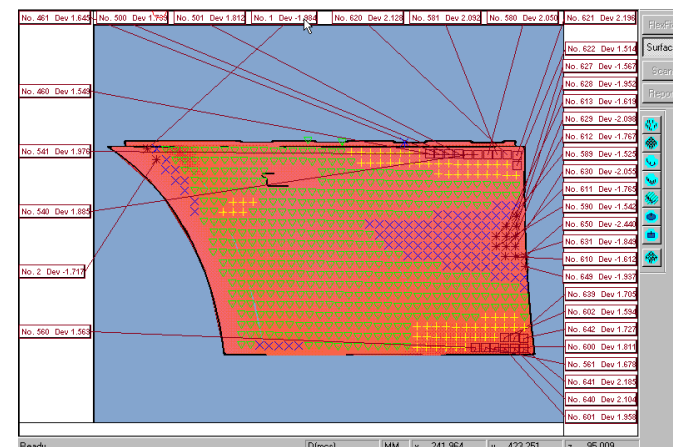
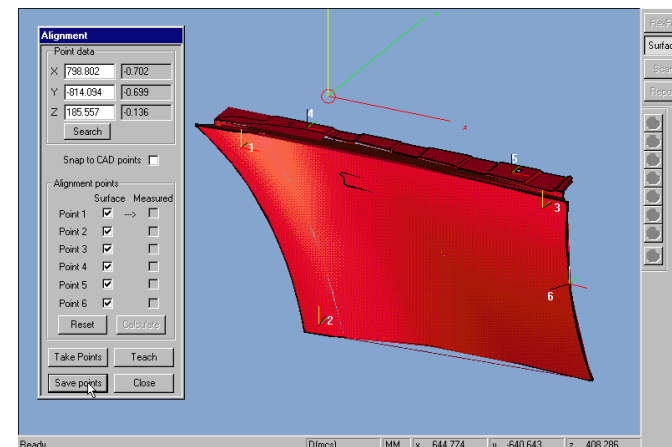
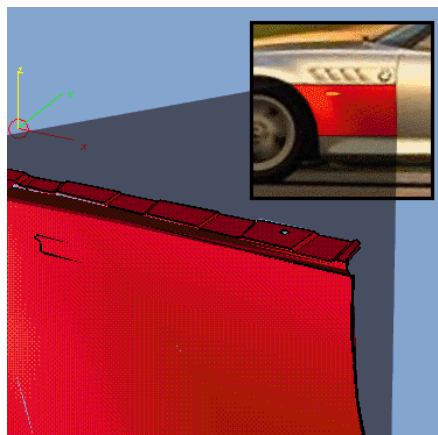
Comparação
medido X CAD



Medição 3D por contato



Mitutoyo



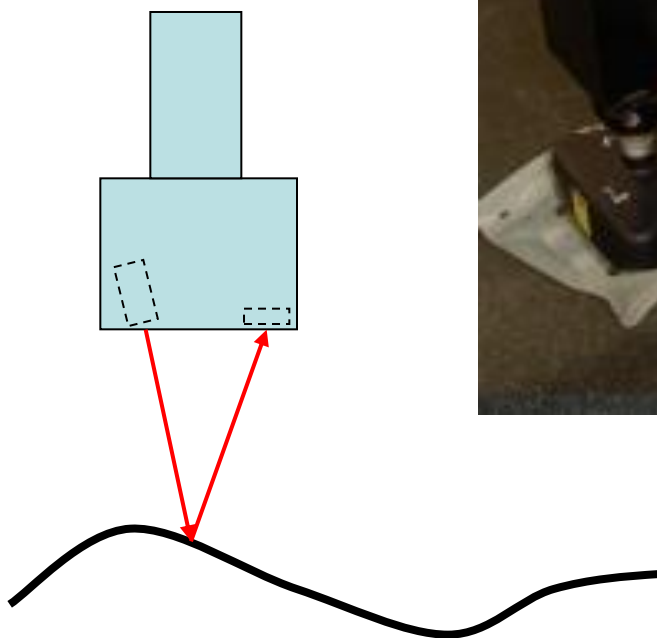
Metris

Medição 3D sem contato

Triangulação

Projeção de ponto de luz

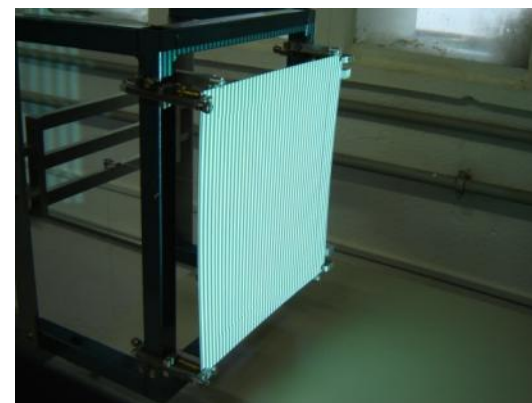
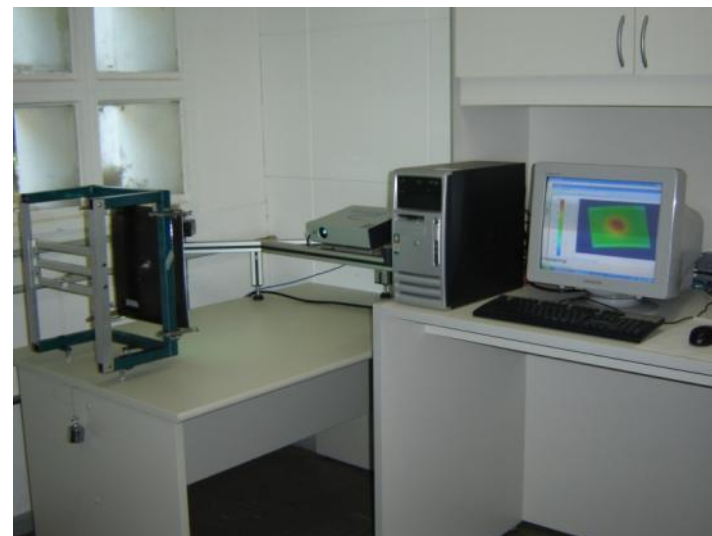
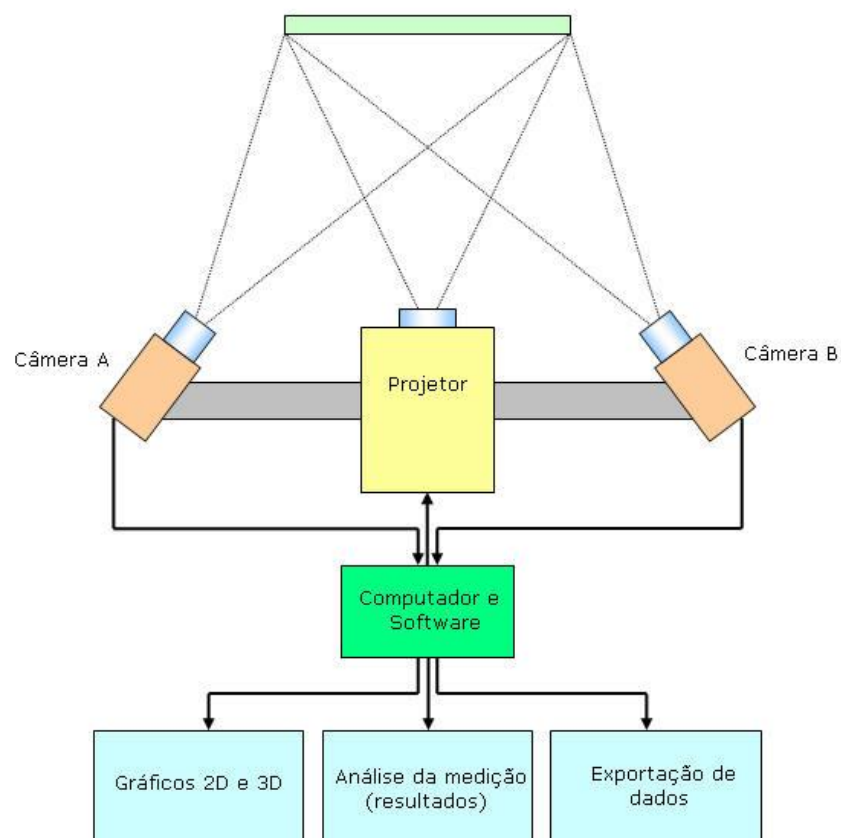
Projeção de plano de luz



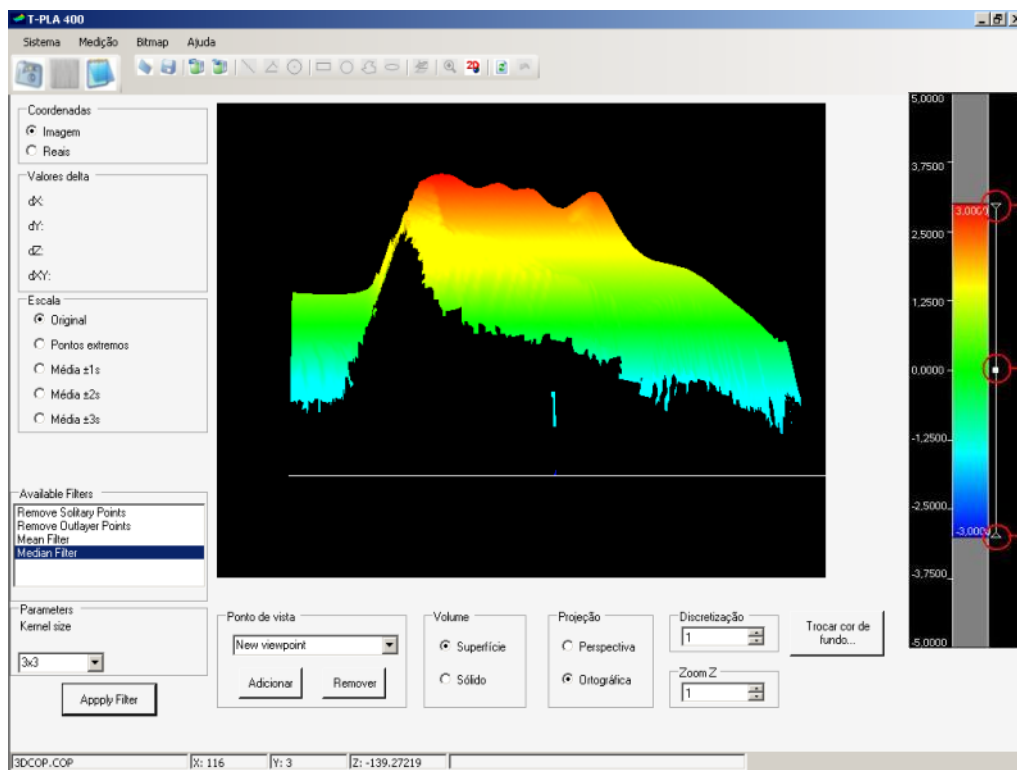
Metris

Medição 3D sem contato

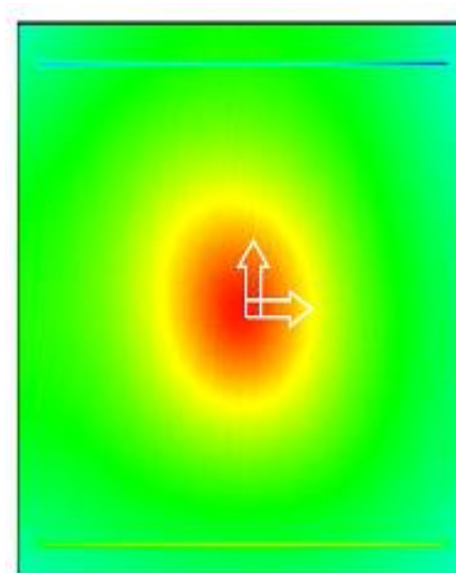
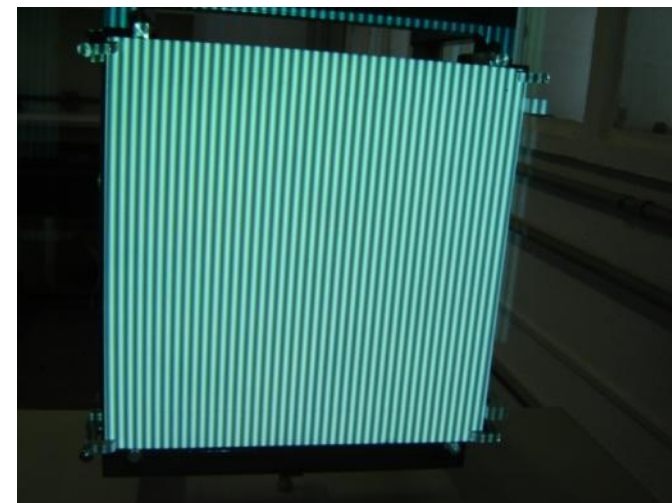
Projeção de luz estruturada



Photonita

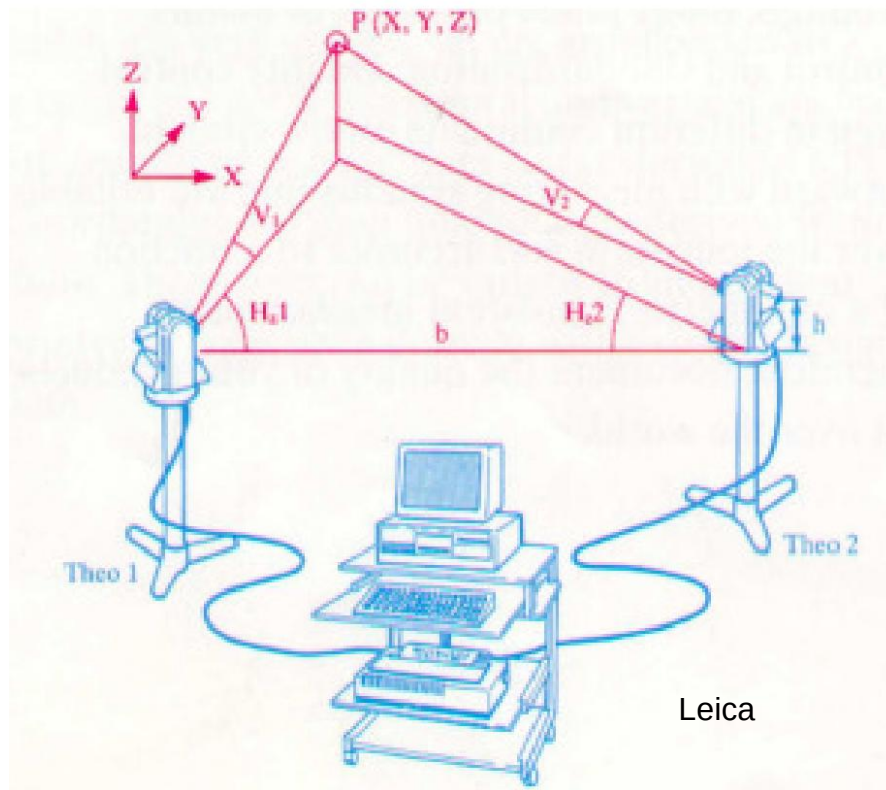


Photonita



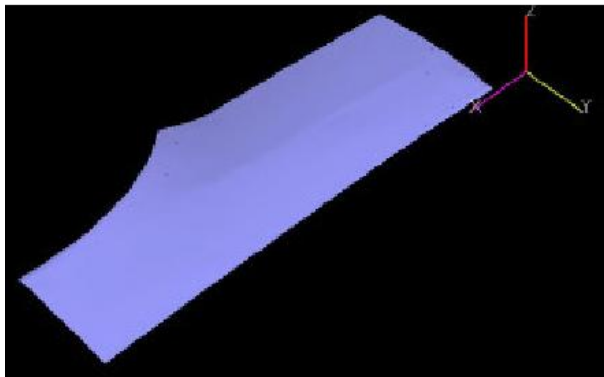
Medição 3D sem contato

Fotogrametria

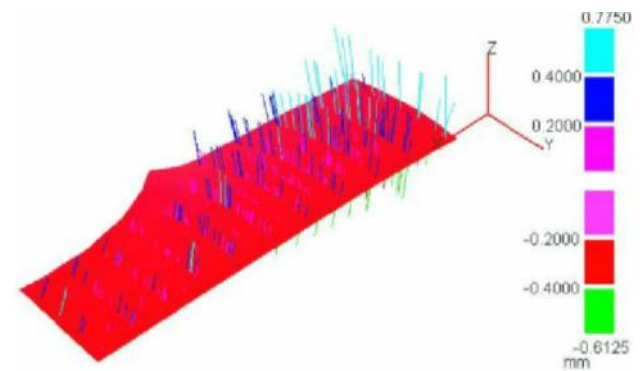




Leica



Probe



3

Controle de Tolerâncias de Orientação

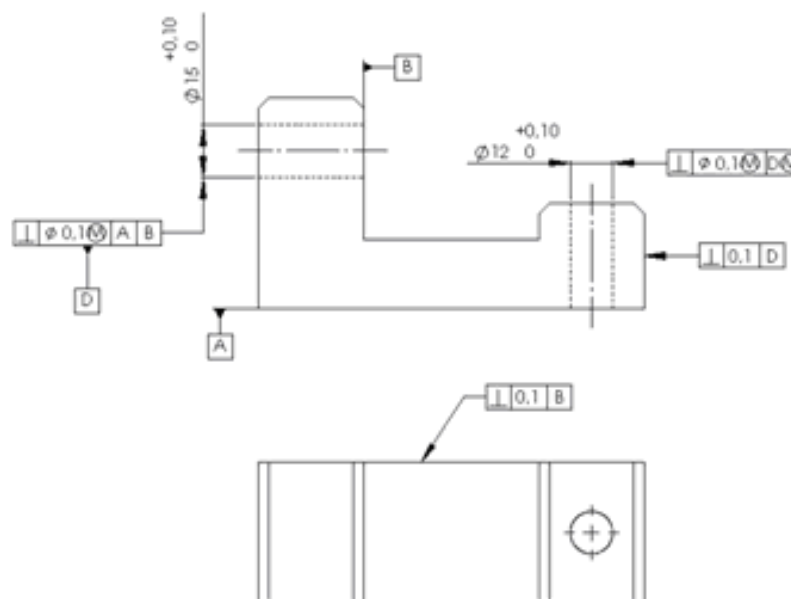
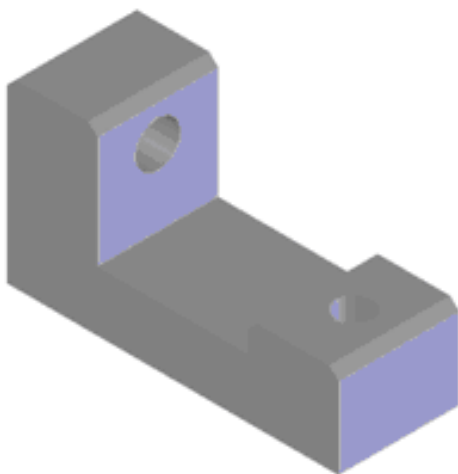
Tolerâncias de Orientação

Paralelismo

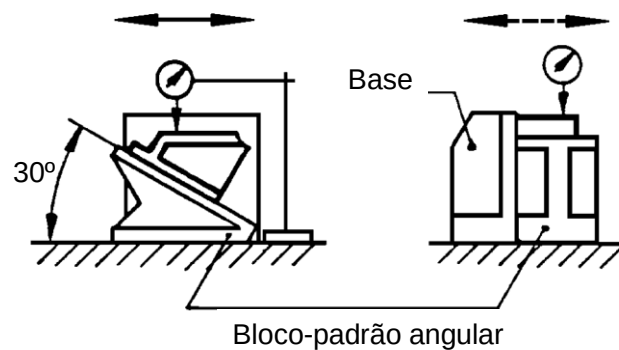
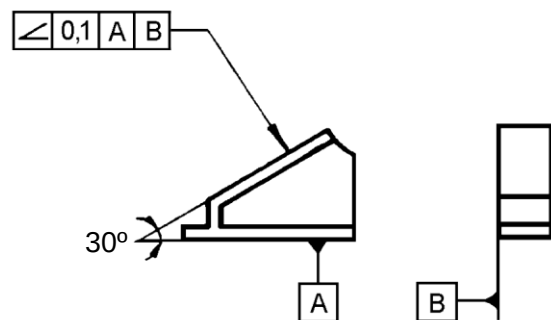
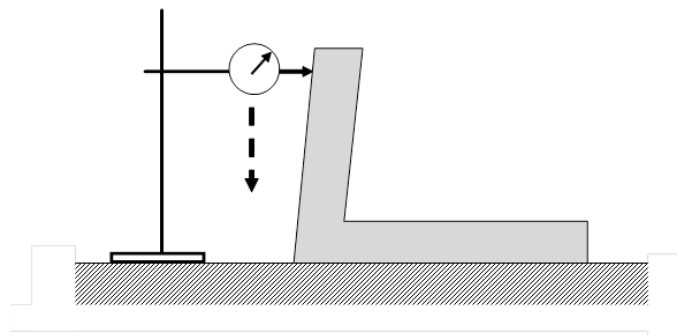
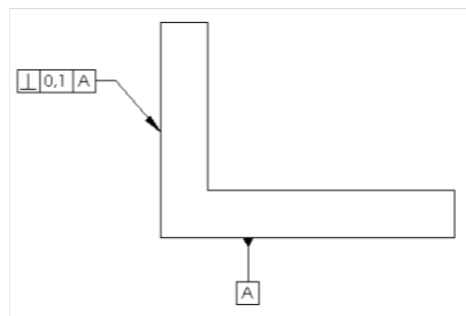
Perpendicularidade

Angularidade

- Plano em relação a plano datum
- Plano em relação a linha datum
- Linha em relação a plano datum
- Linha em relação a linha datum



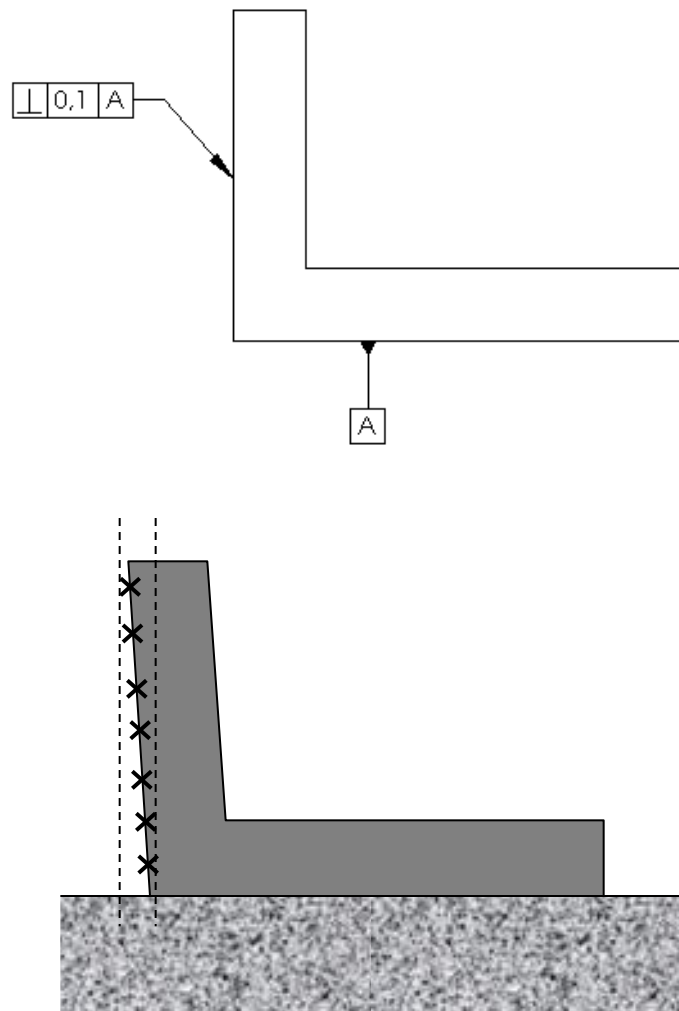
Dispositivos de controle



Medição 3D



Mitutoyo



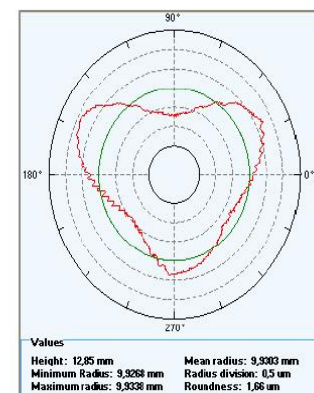
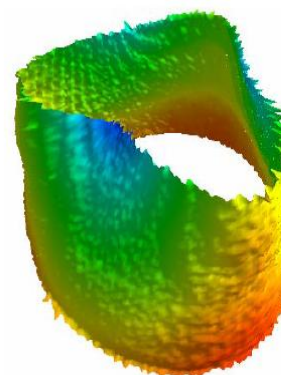
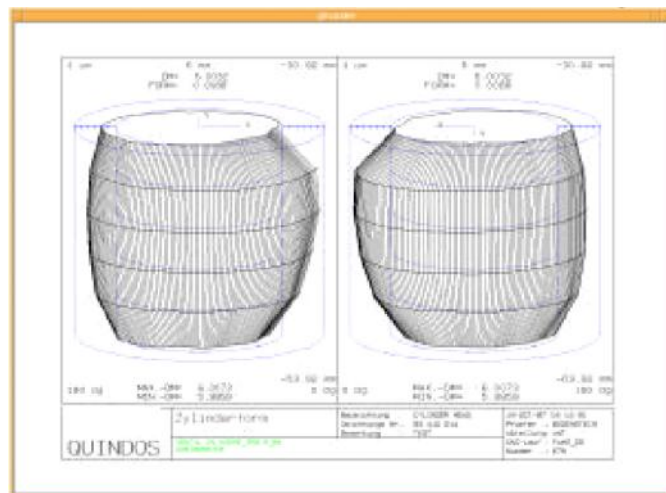
4

Controle de Tolerâncias de Forma

Tolerâncias de Forma

Circularidade
Cilindricidade
Retitude
Planeza
Perfil de Linha (sem datum)
Perfil de Superfície (sem datum)

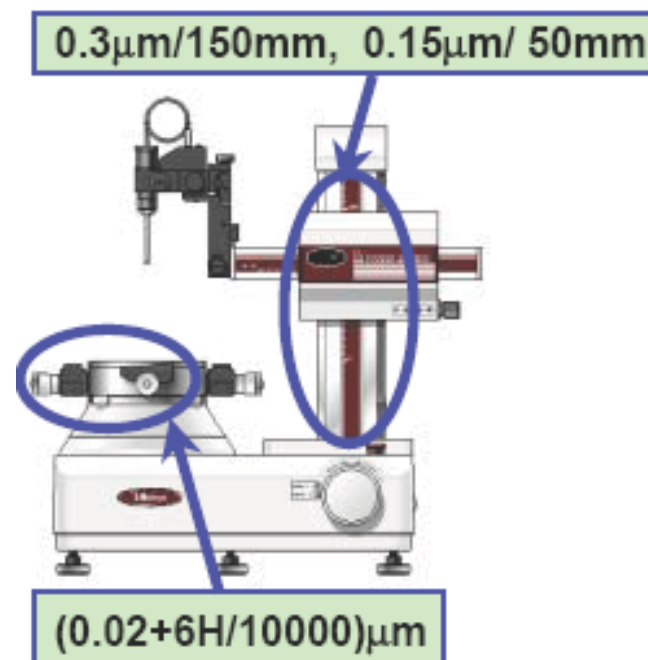
Requer a aquisição de grande densidade de pontos para obter informações significativas da geometria da peça.



Medição por contato com máquina de medir forma



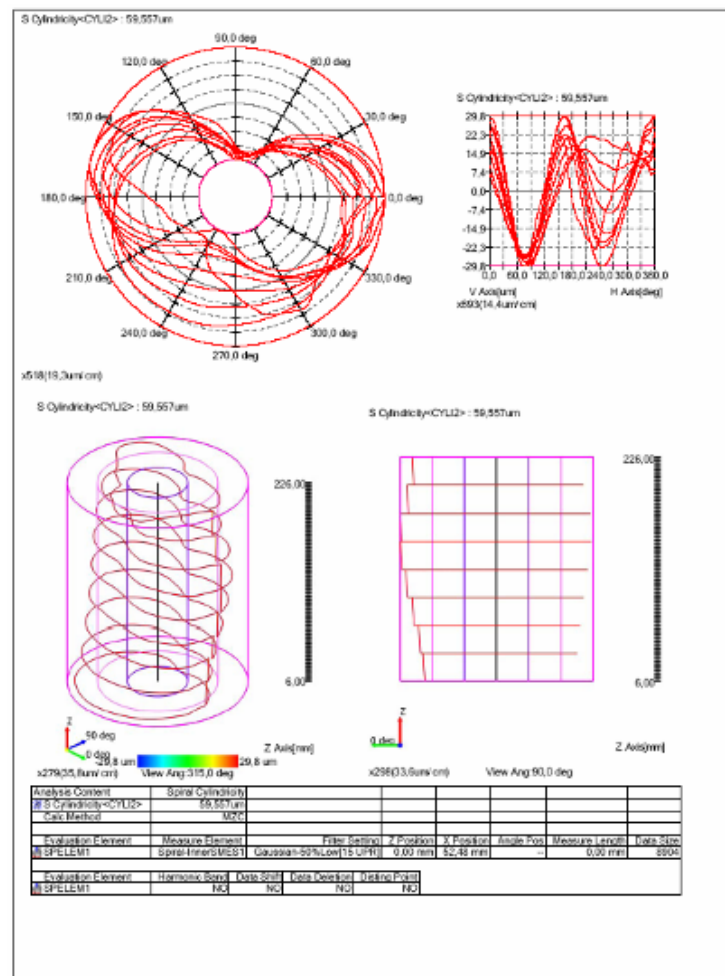
Mitutoyo



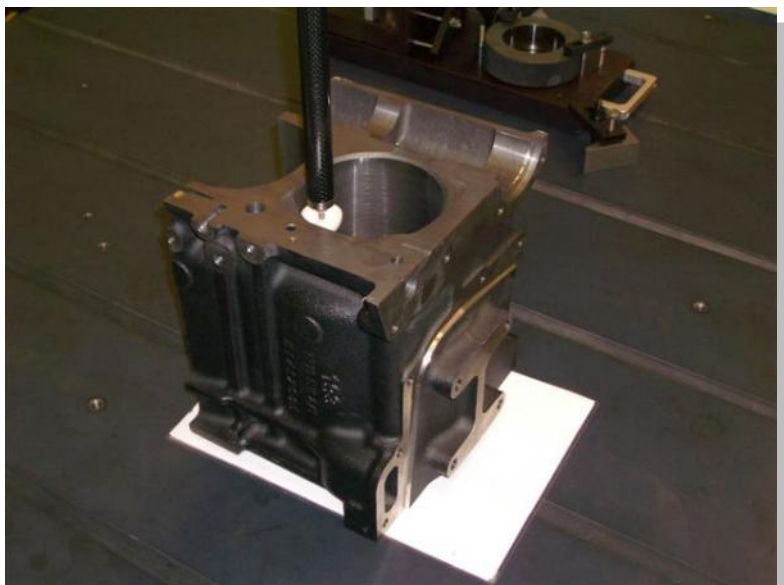
Medição por contato com máquina de medir por coordenadas



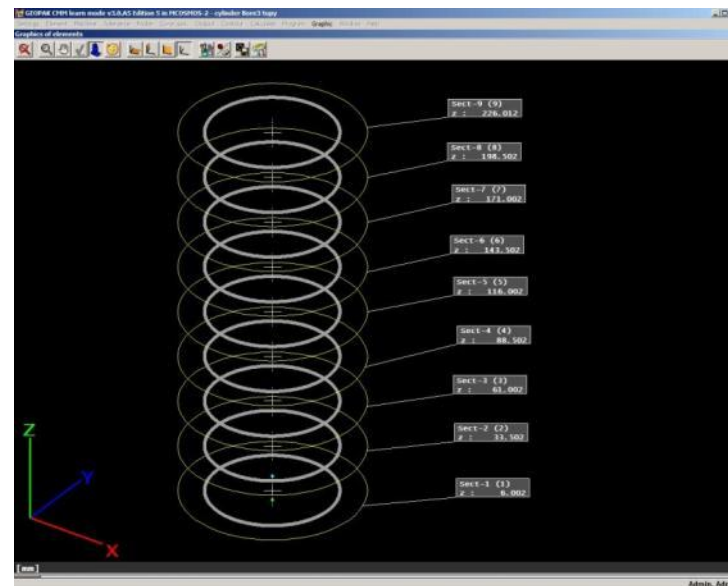
Mitutoyo



Comparação metrológica entre os dois métodos

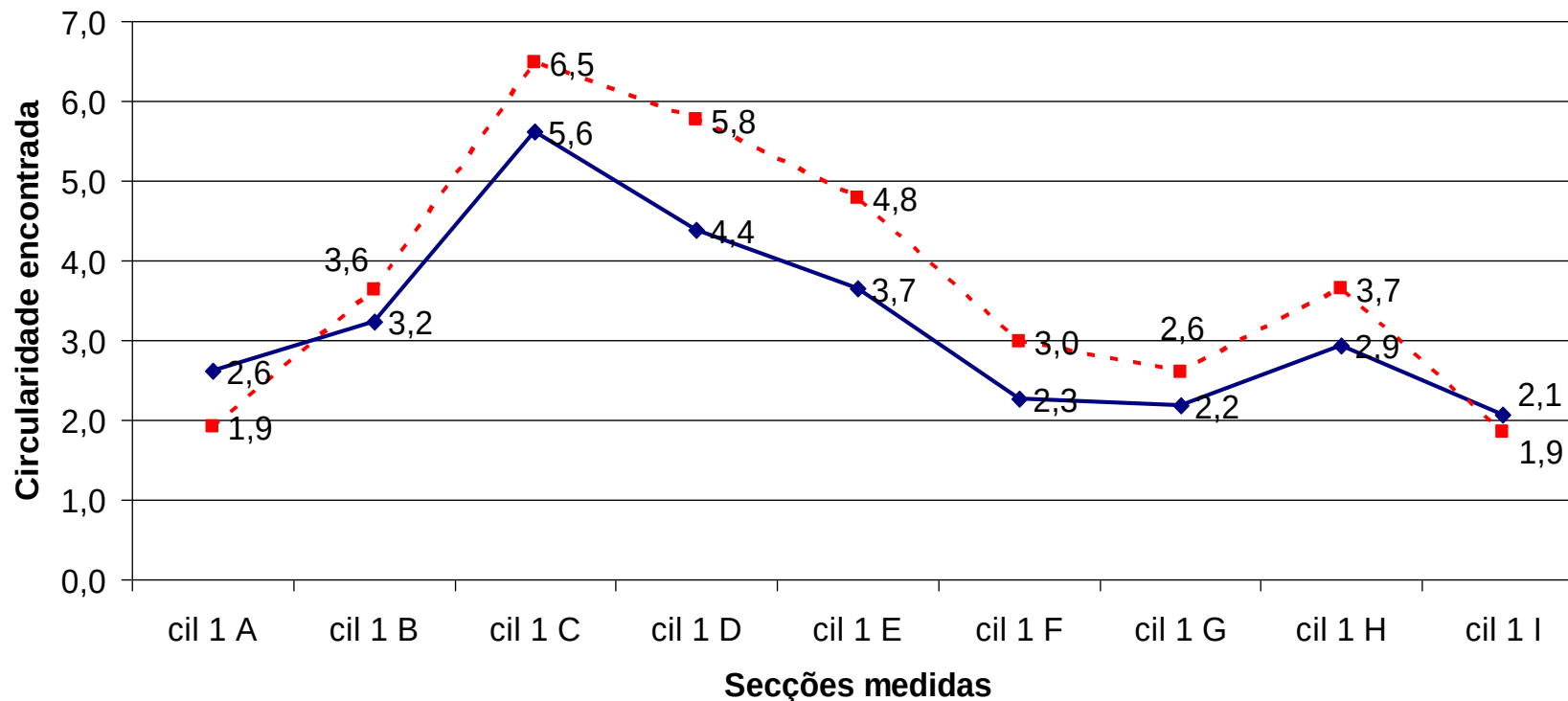


BLOCO DE MOTOR



- Medição de 9 seções transversais ao eixo do cilindro.
- Dispostas em distancias iguais num total de 220mm avaliados

Análise de resultados (MMC x Medidor de forma)



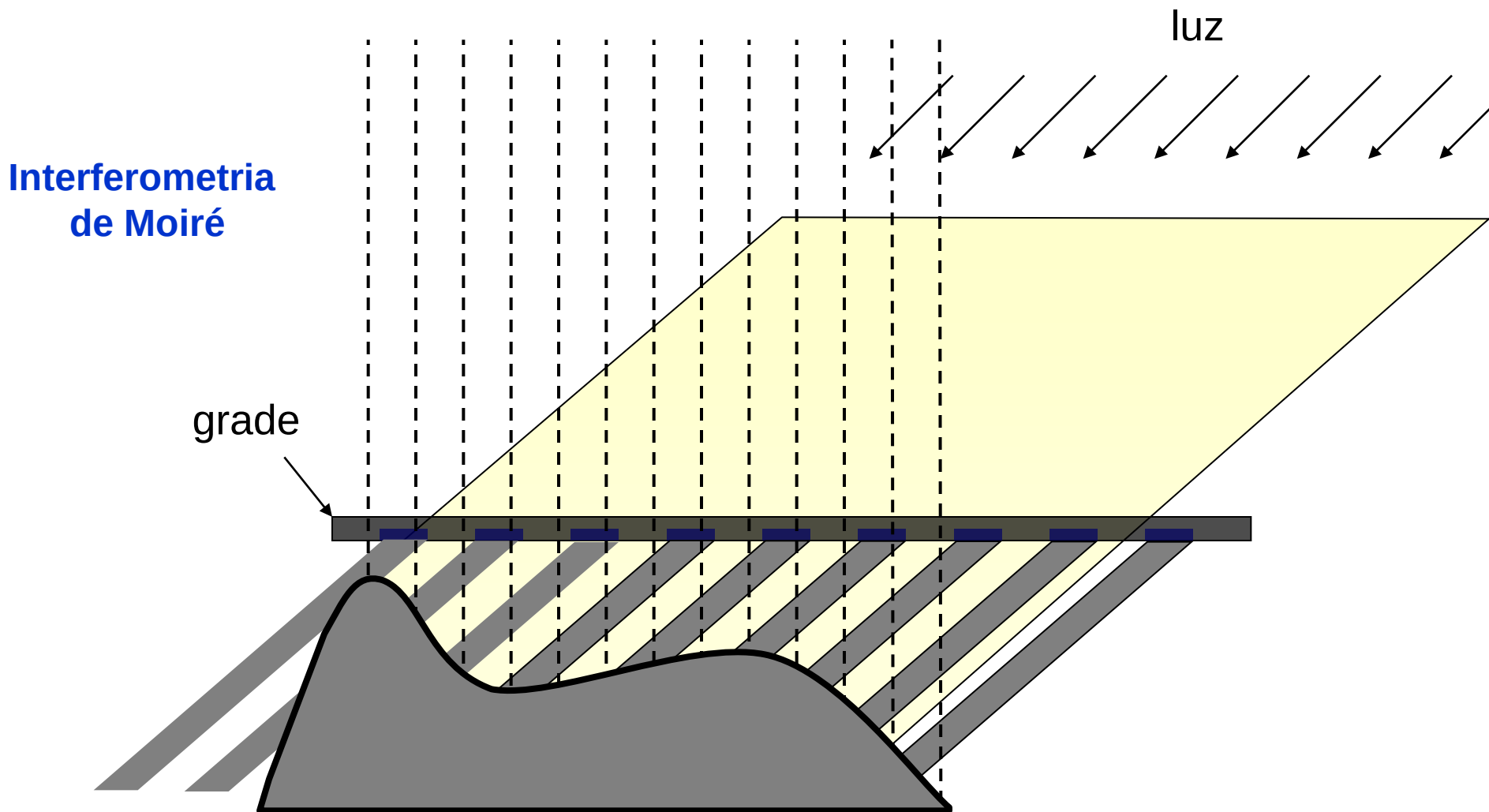
MMC

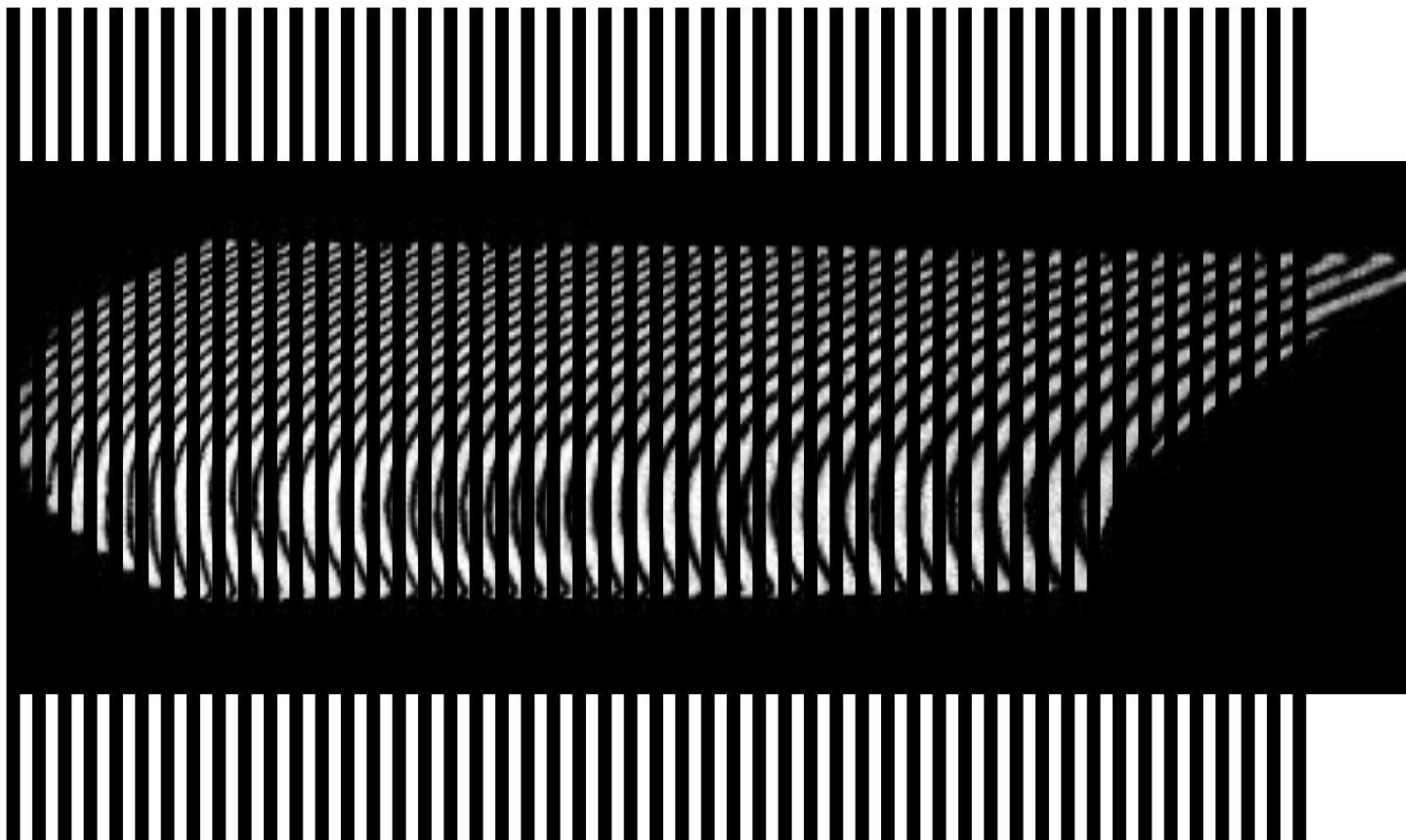
Medidor de forma

Análise dos resultados utilizando:

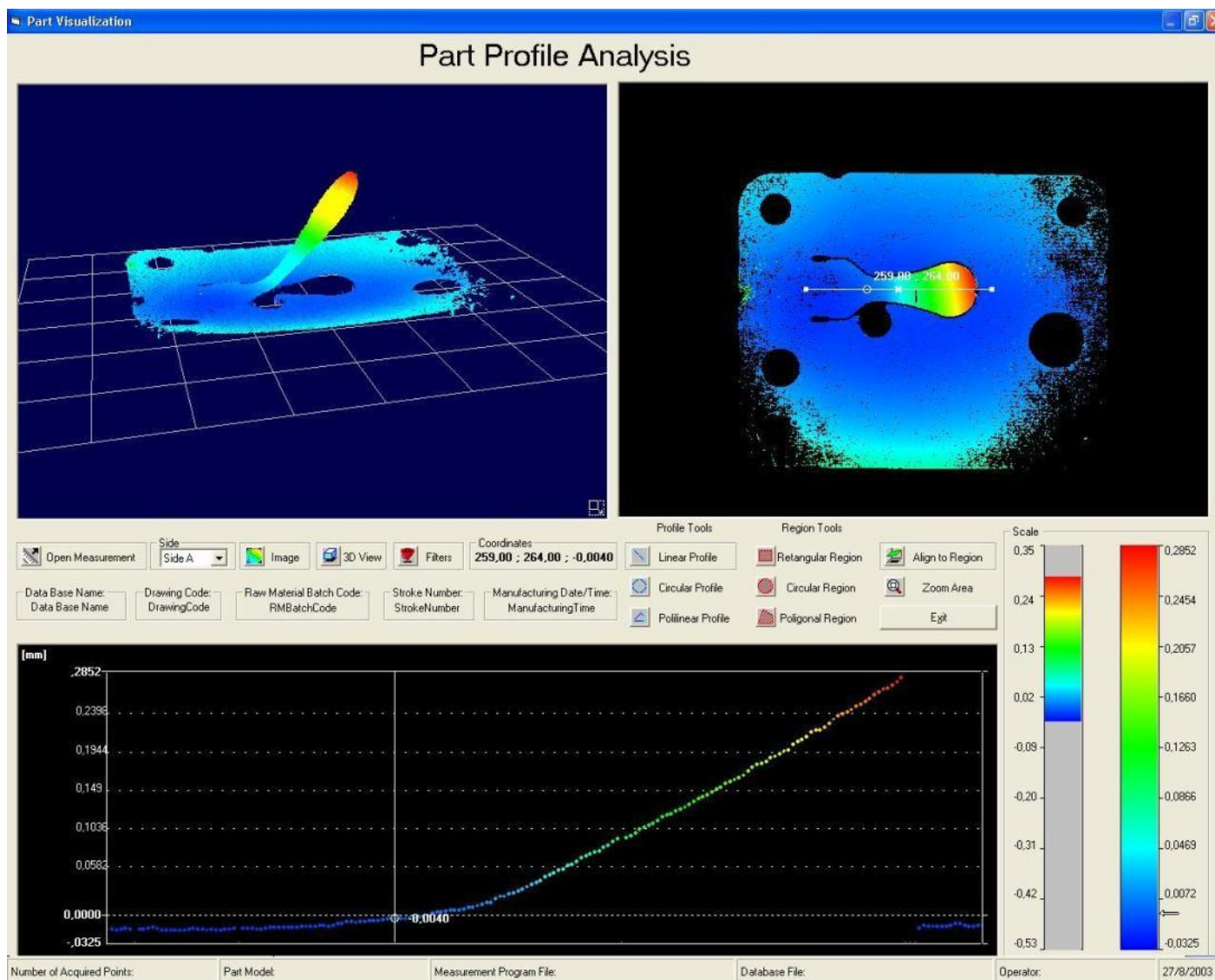
- Método de cálculo MZC
- Filtro Gaussiano 50% 15 UPR
- 1000 pts por revolução

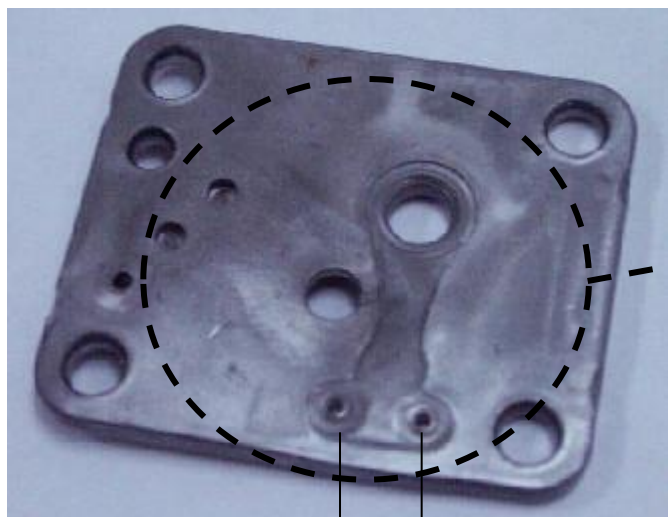
Medição sem contato por interferometria shadow Moiré



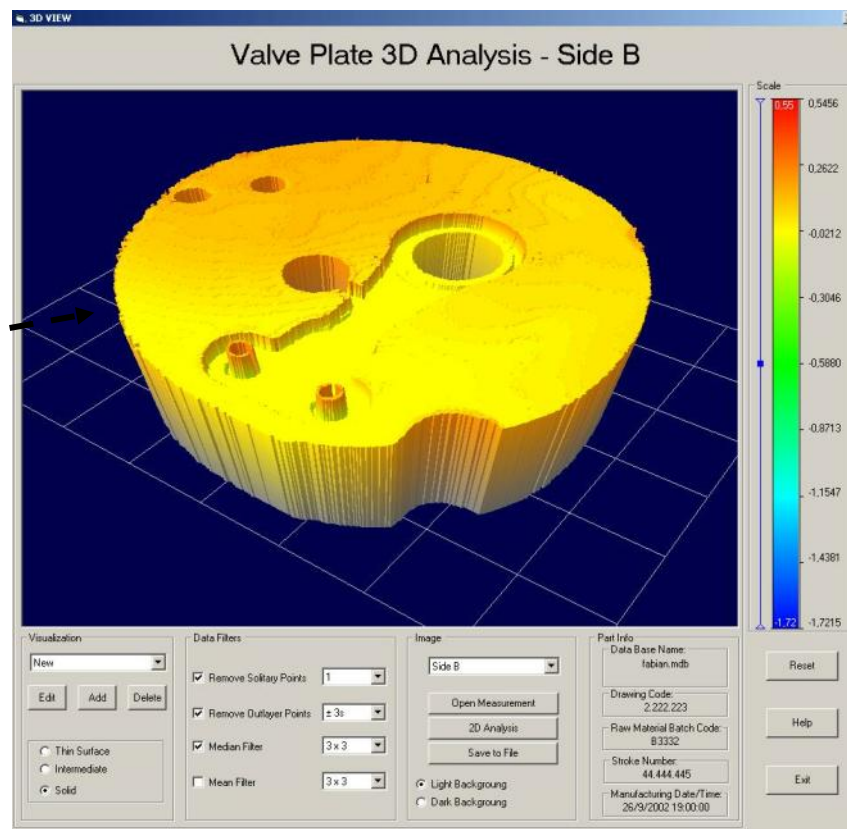


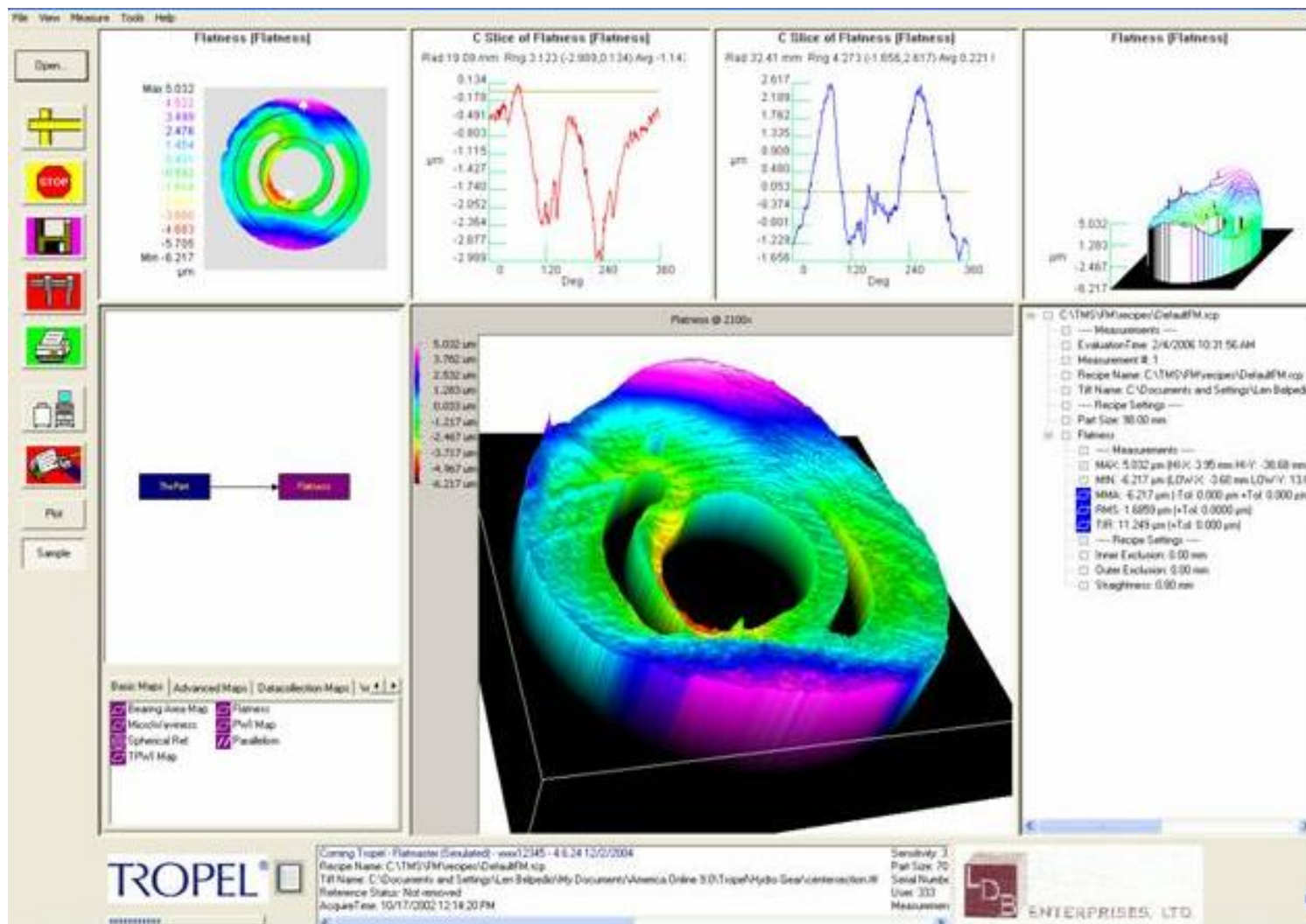
7º Seminário sobre Metrologia Dimensional





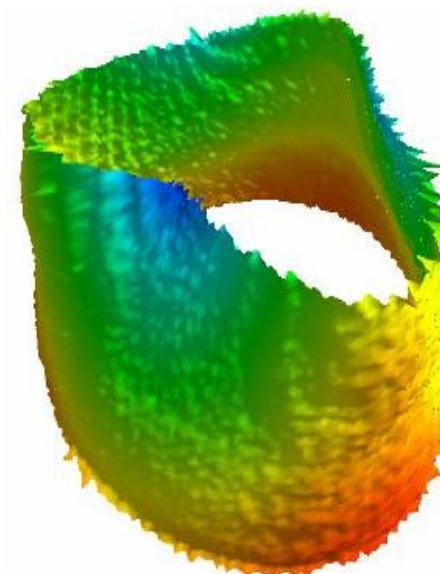
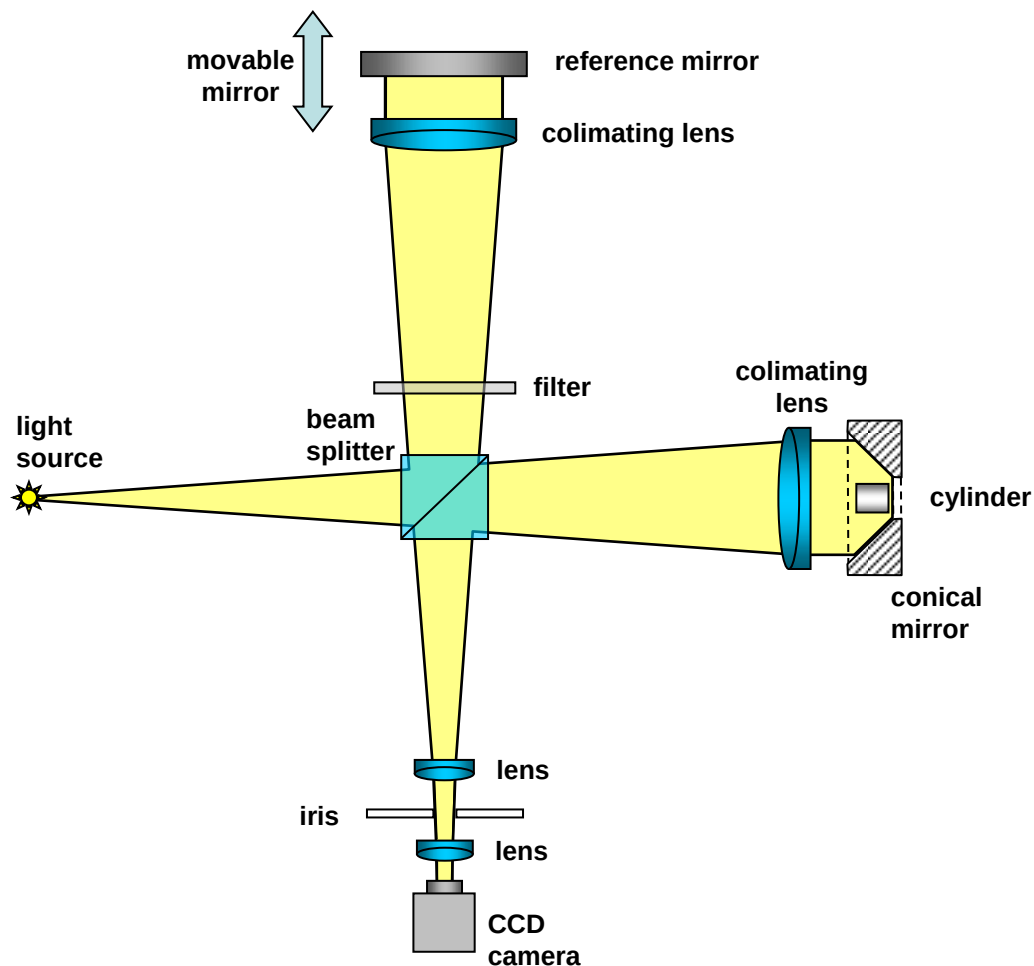
3,0 mm



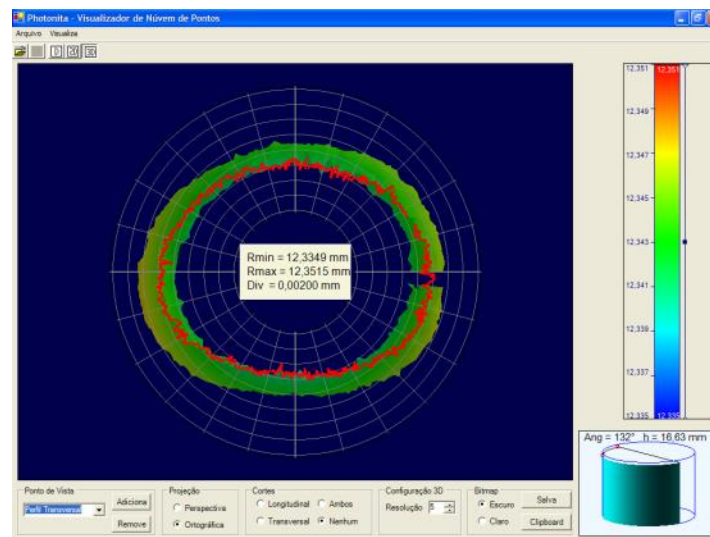
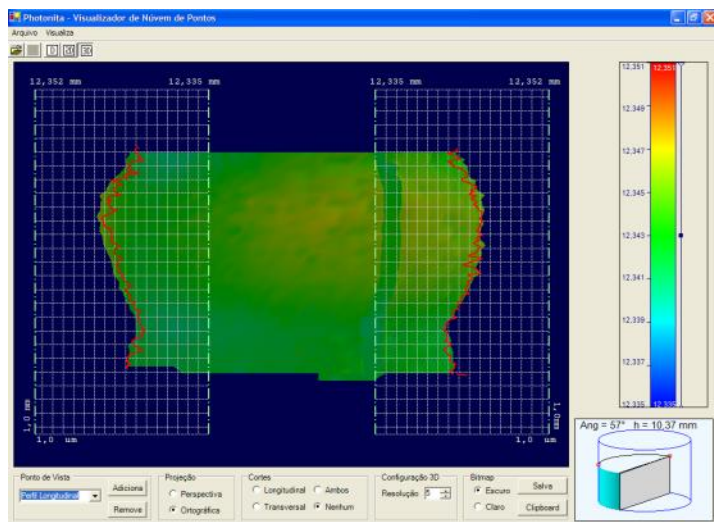
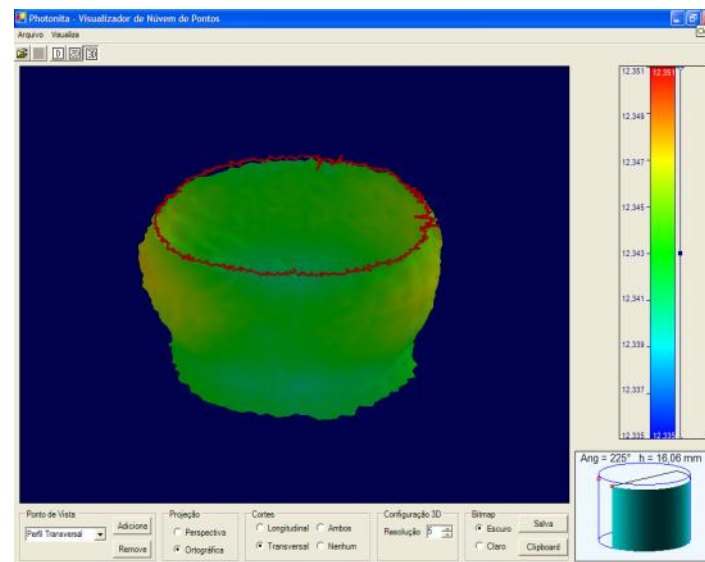
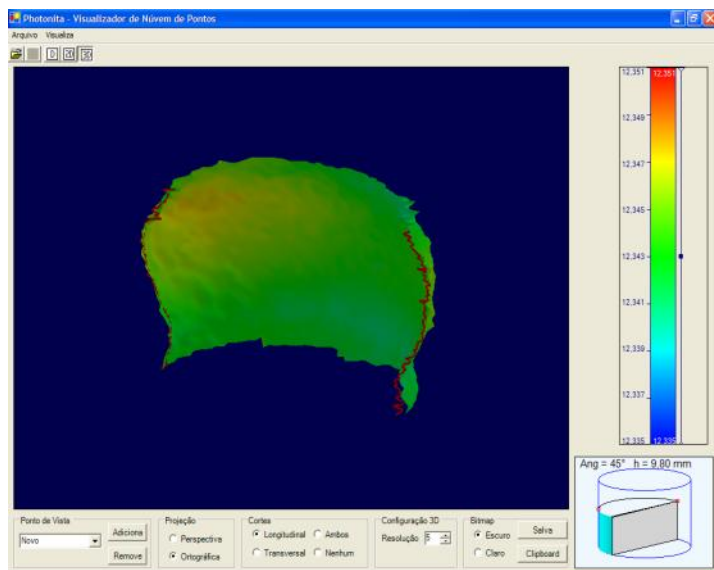


Medição sem contato por interferometria

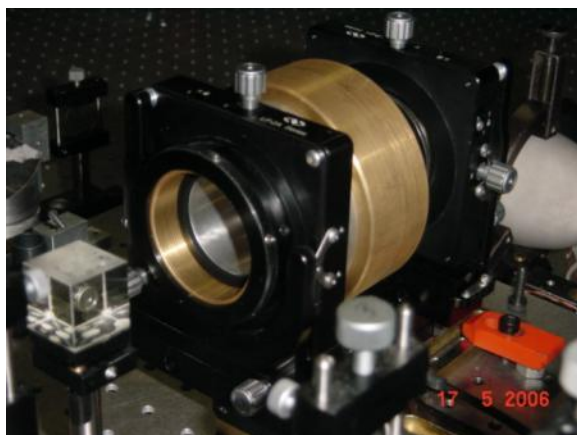
Interferometria de luz branca em modo radial



7º Seminário sobre Metrologia Dimensional

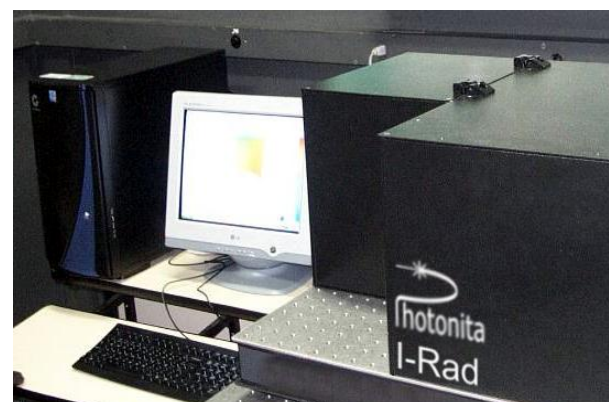


Comparação com máquina de medir formas



Peça com furo

Medição
óptica



Photonita

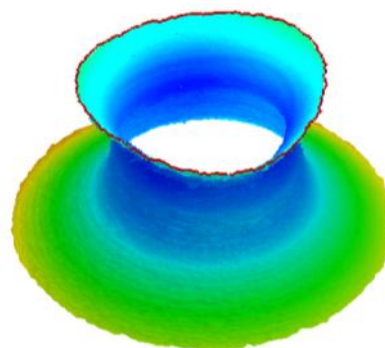
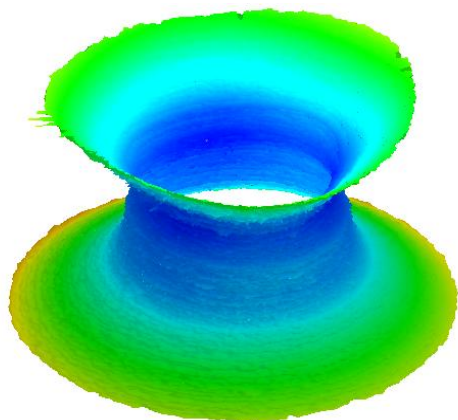
Medição
por contato



Mahr

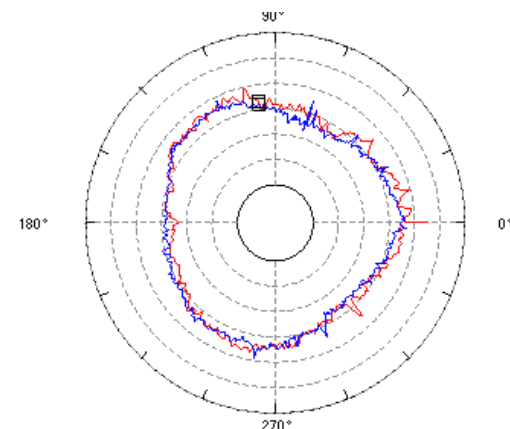
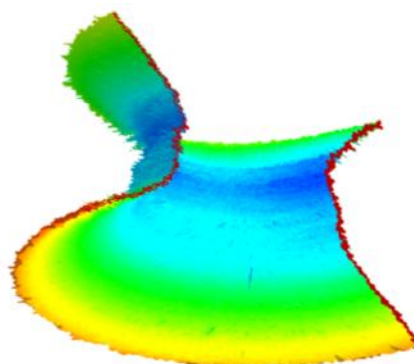
Circularidade
da seção

Forma 3D
do furo



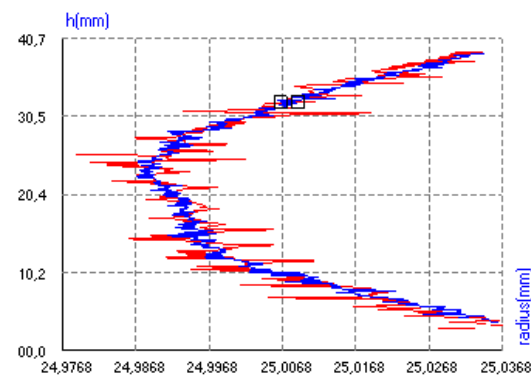
— Medição óptica
— Circularímetro

Retitude da
parede do furo



Informations
Height: 33,39 mm
Radius Scale: 10,00 μm
Radius superior edge: 25,037 mm
Radius inferior edge: 24,977 mm
Maximum view wear: 13,03 μm

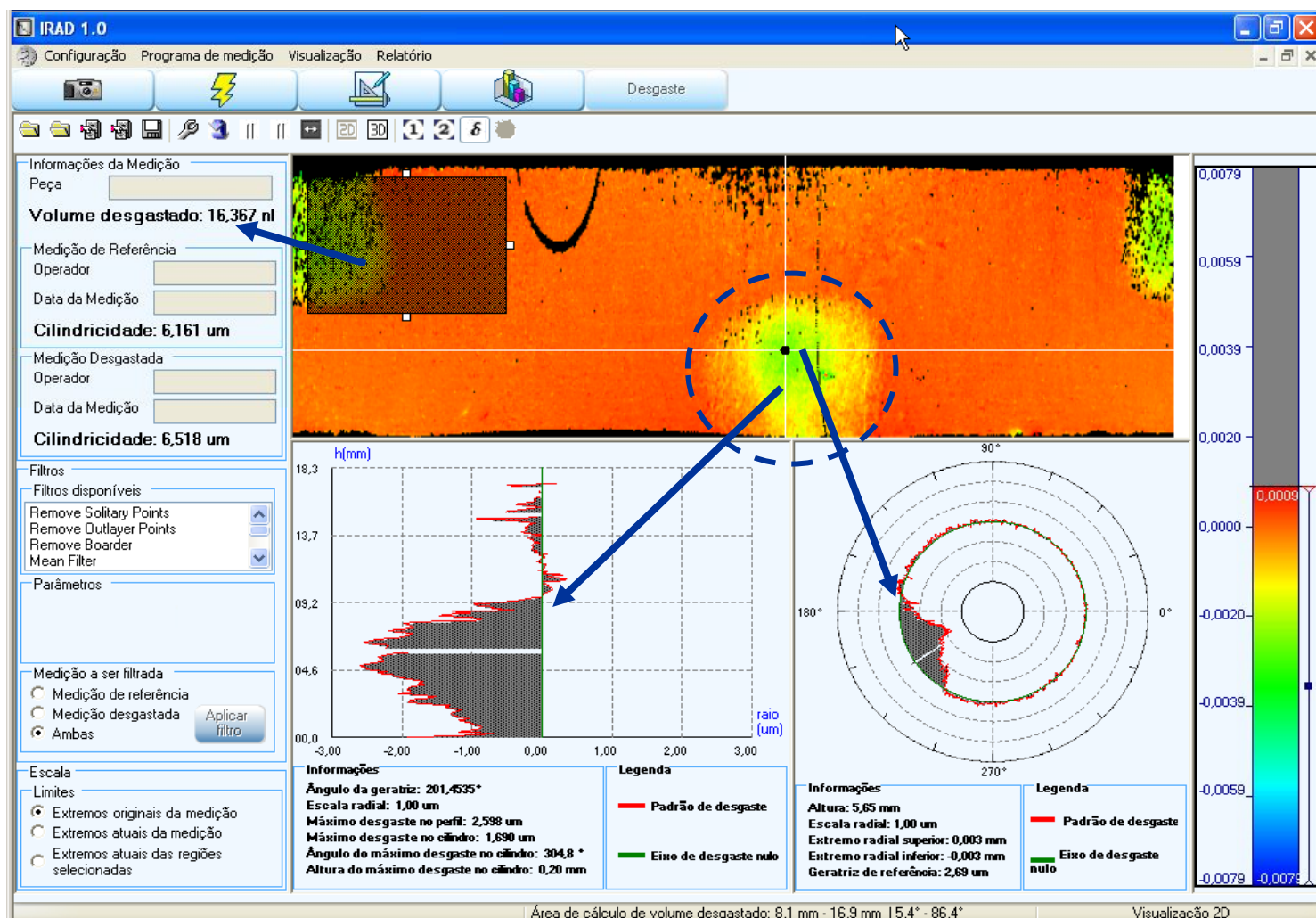
Legend
— Reference geratriz
— Wore geratriz



Informations
Geratriz angle: 110,7273°
Radius Scale: 10,00 μm
Maximum view wear: 18,091 μm
Maximum wear at the cylinder: 44,683 μm
Maximum wear angle at the cylinder: 264,0°
Maximum wear height at the cylinder: 38,97

Legend
— Reference geratriz
— Wore geratriz

Medição de forma para avaliar desgaste em peças



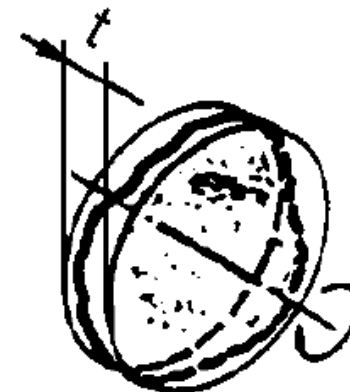
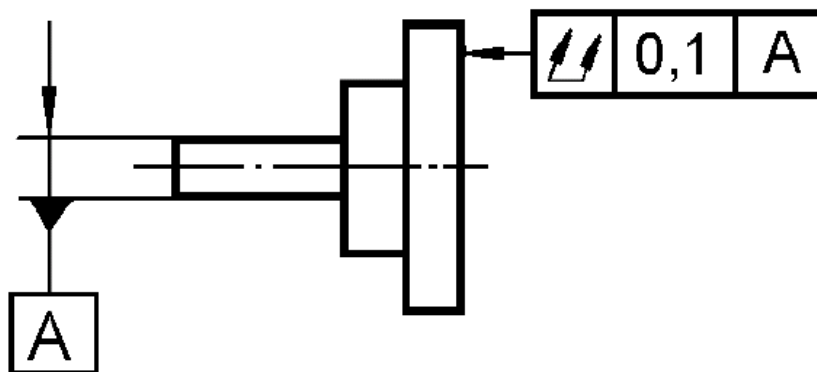
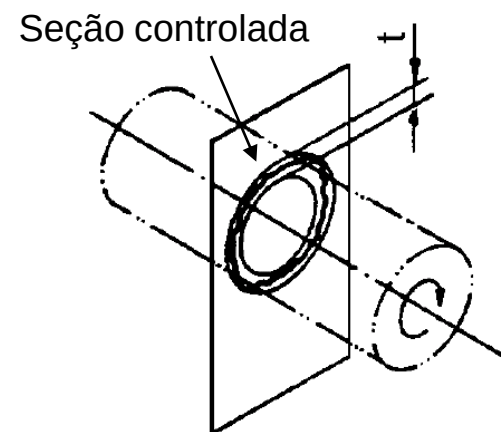
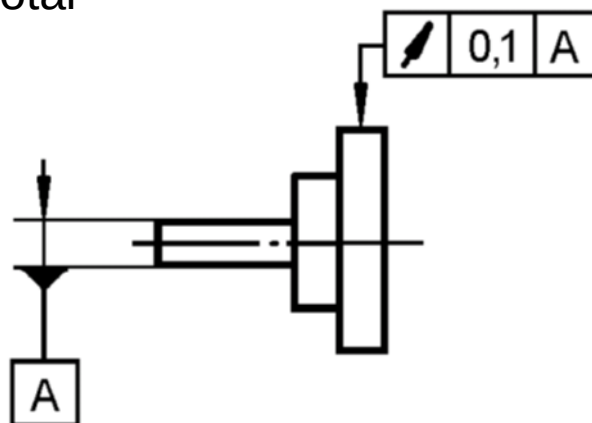
5

Controle de Tolerâncias de Batimento

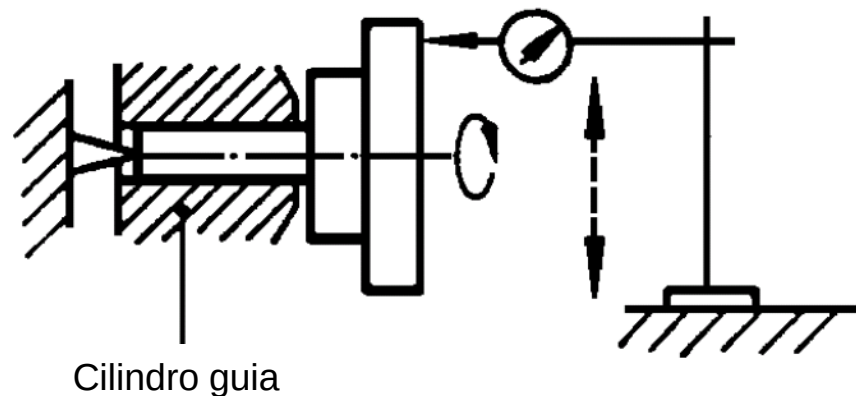
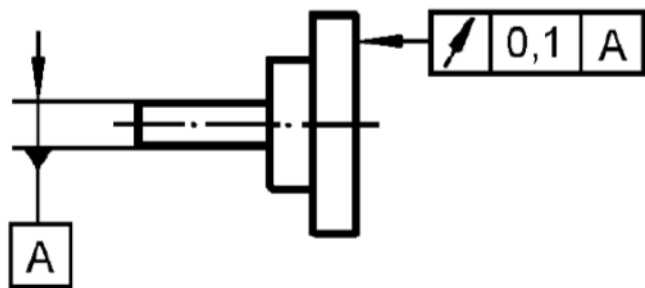
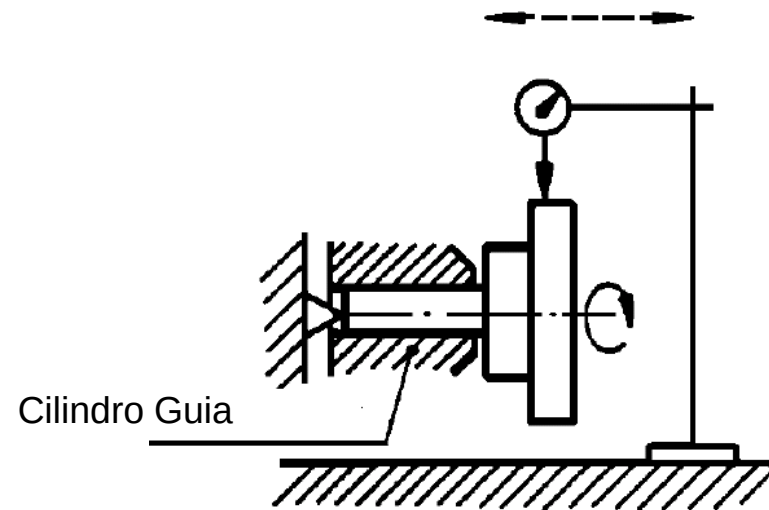
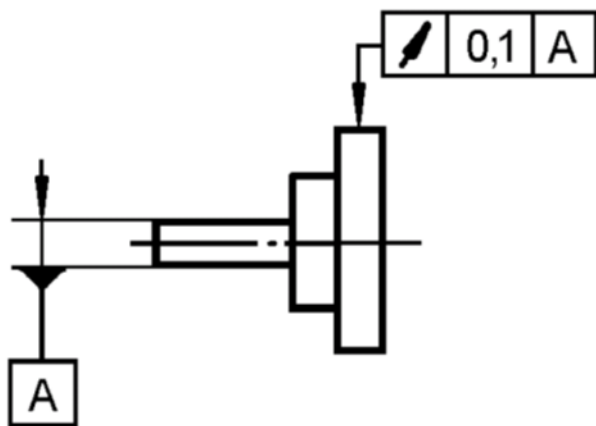
Tolerâncias de Batimento

Batimento circular

Batimento total



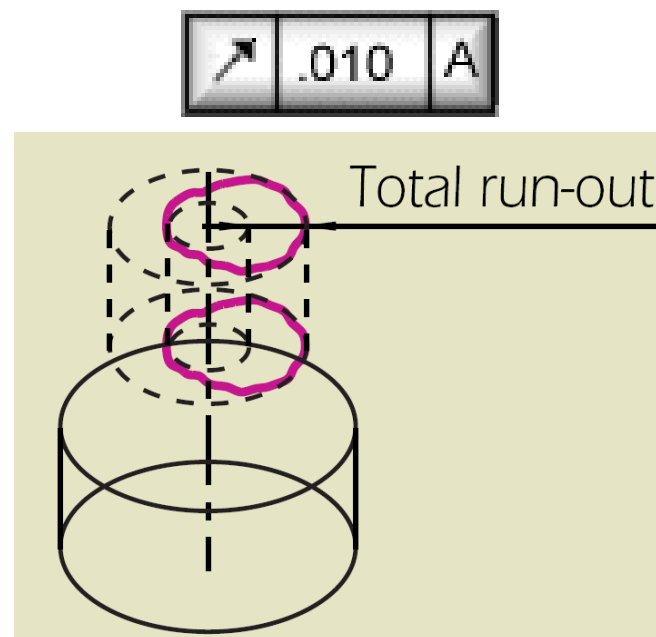
Controle com dispositivos e comparadores



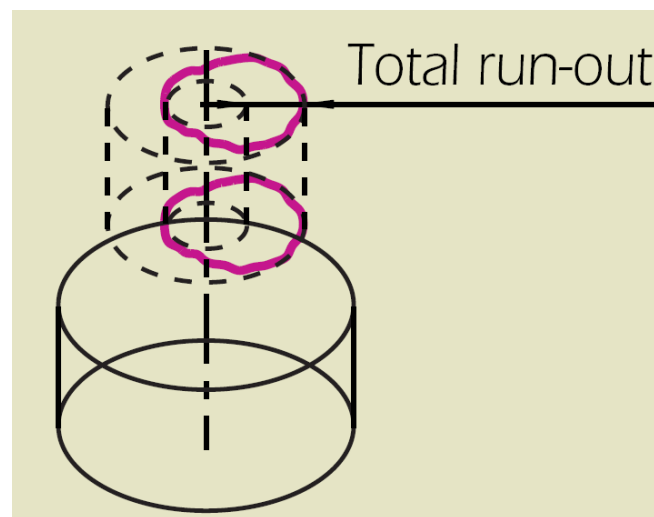
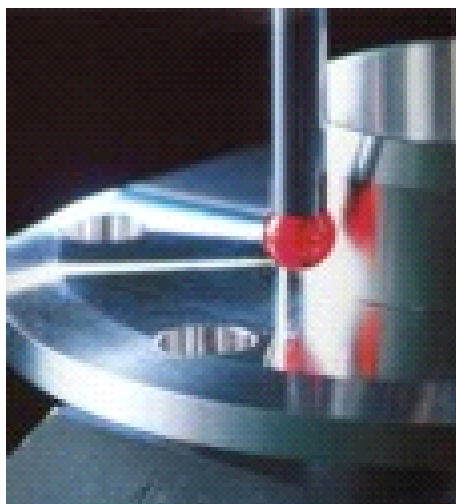
Máquinas de Medir forma



Mitutoyo



Medição por coordenadas



Dificuldade de atender boa repetitividade se os comprimentos dos eixos de referência (datum) e/ou do elemento tolerado são pequenos.

Medição sem contato

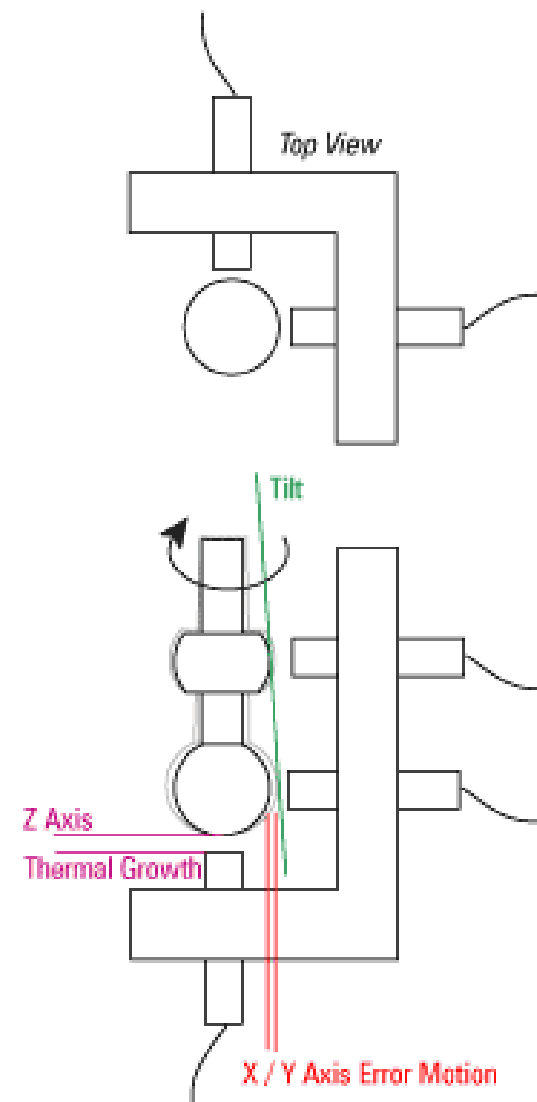
Métodos Eletro-magnéticos

Sensores capacitivos

Sensores magnéticos

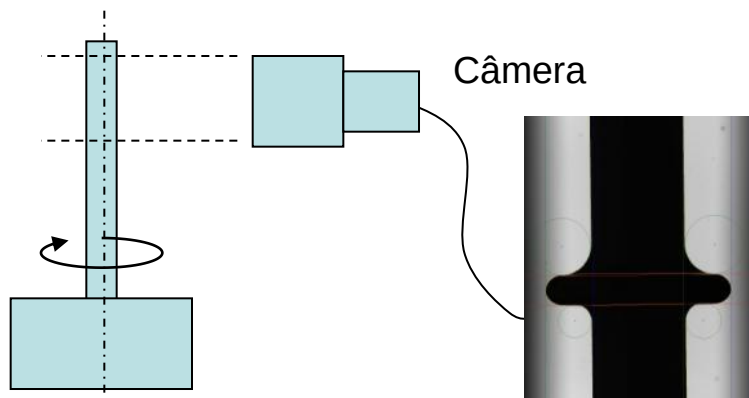


Lion Precision

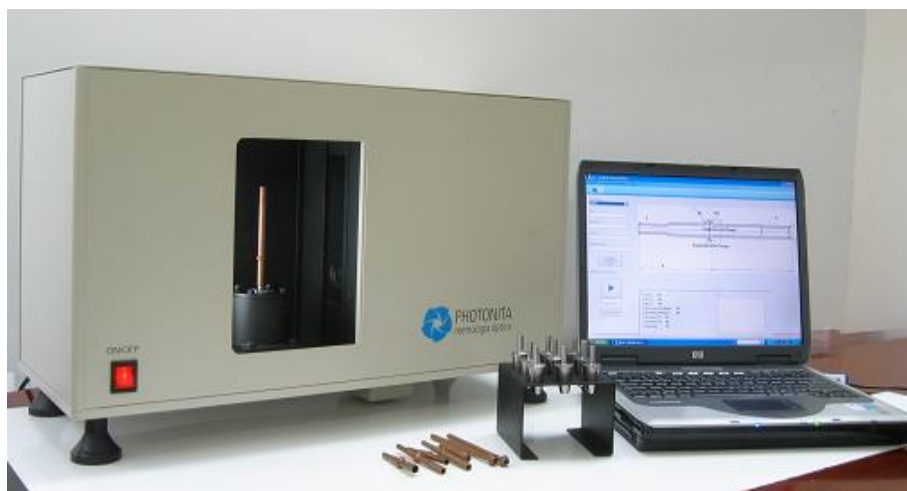
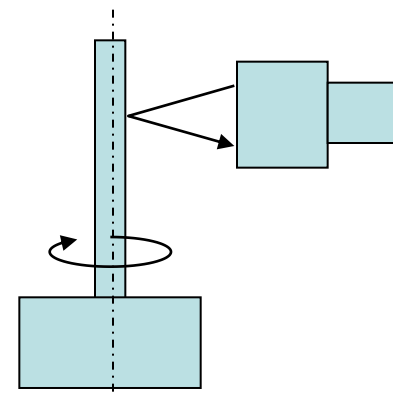


Medição óptica

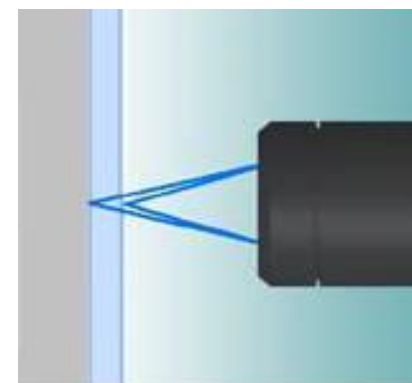
Imagem



Triangulação

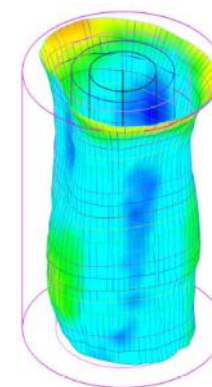
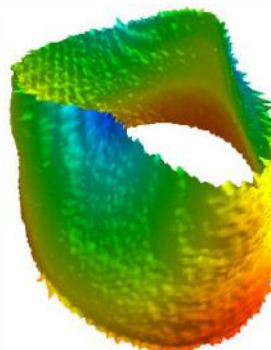
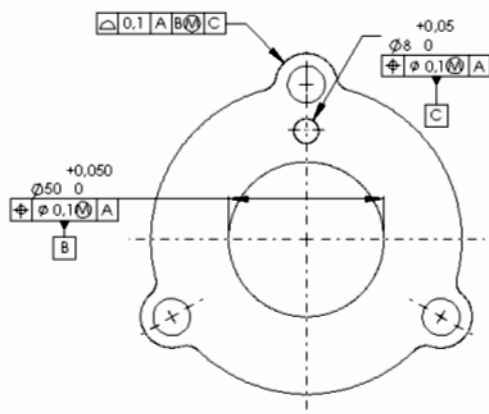


Photonita



Conclusões

- A aplicação do GD&T no desenvolvimento de produtos por muito tempo foi limitada pela capacidade e exatidão dos métodos de medição em controlar efetivamente os requisitos especificados.
- O desenvolvimento dos métodos de medição tem permitido cada vez mais uma utilização efetiva do GD&T no desenvolvimento de produtos
- Hardware e software de medição têm evoluído em exatidão, automação e robustez operacional, permitindo sua aplicação cada vez mais freqüentes no controle da especificação geométrica com GD&T.



Obrigado!