

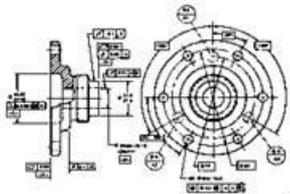
# FORMA 3D

Formação Avançada em Metrologia 3D

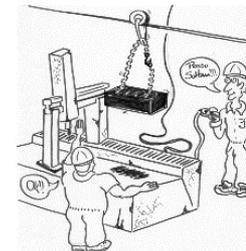
[www.forma3d.com.br](http://www.forma3d.com.br)

## ISO17450-1 E O PRINCÍPIO DA DUALIDADE

Especificação  
Geométrica



Verificação  
Geométrica



Material didático informativo sobre GD&T e Medição 3D

Este material possui propósito puramente didático, sem nenhuma finalidade comercial, é de livre acesso e compartilhamento.

Algumas detalhes técnicos tiveram sua descrição simplificada para tornar os assuntos de mais fácil compreensão.

Todos estes temas constam dos materiais didáticos do Programa FORMA3D.



**Formação Avançada em Metrologia 3D**

[www.forma3d.com.br](http://www.forma3d.com.br)

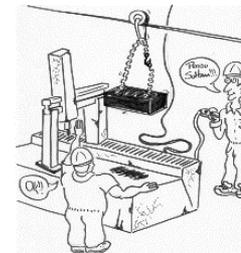
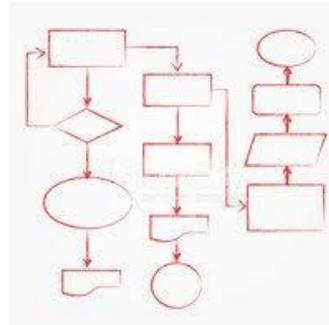
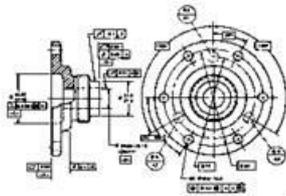
# PRINCÍPIO DA DUALIDADE

O ato cotidiano de medir uma peça e comparar com as especificações de desenho envolve várias operações em sequência que realizamos de modo tão corriqueiro que nem sempre nos damos conta da diversidade de tarefas.

Ao identificarmos e classificarmos de modo individual e organizado cada uma dessas operações, criamos as condições para o estabelecimento de uma linguagem comum entre GD&T e Metrologia, que em muito contribui na comunicação entre estes.

É disso que trata a norma ISO17450 e o princípio da dualidade.

Especificação  
Geométrica



Controle  
Geométrico



O Princípio da Dualidade ajuda a estabelecer uma comunicação entre todas as etapas envolvidas na produção de uma peça, desde a análise do seu conceito funcional até a qualificação do produto final.

# PRINCÍPIO DA DUALIDADE

O Princípio da dualidade estabelece que uma peça existe em mundos diferentes, simultaneamente, sendo esses mundos (ou domínios) a especificação geométrica e o controle geométrico, estabelecendo a ligação entre a intenção do projetista e a verificação dimensional do produto pronto.

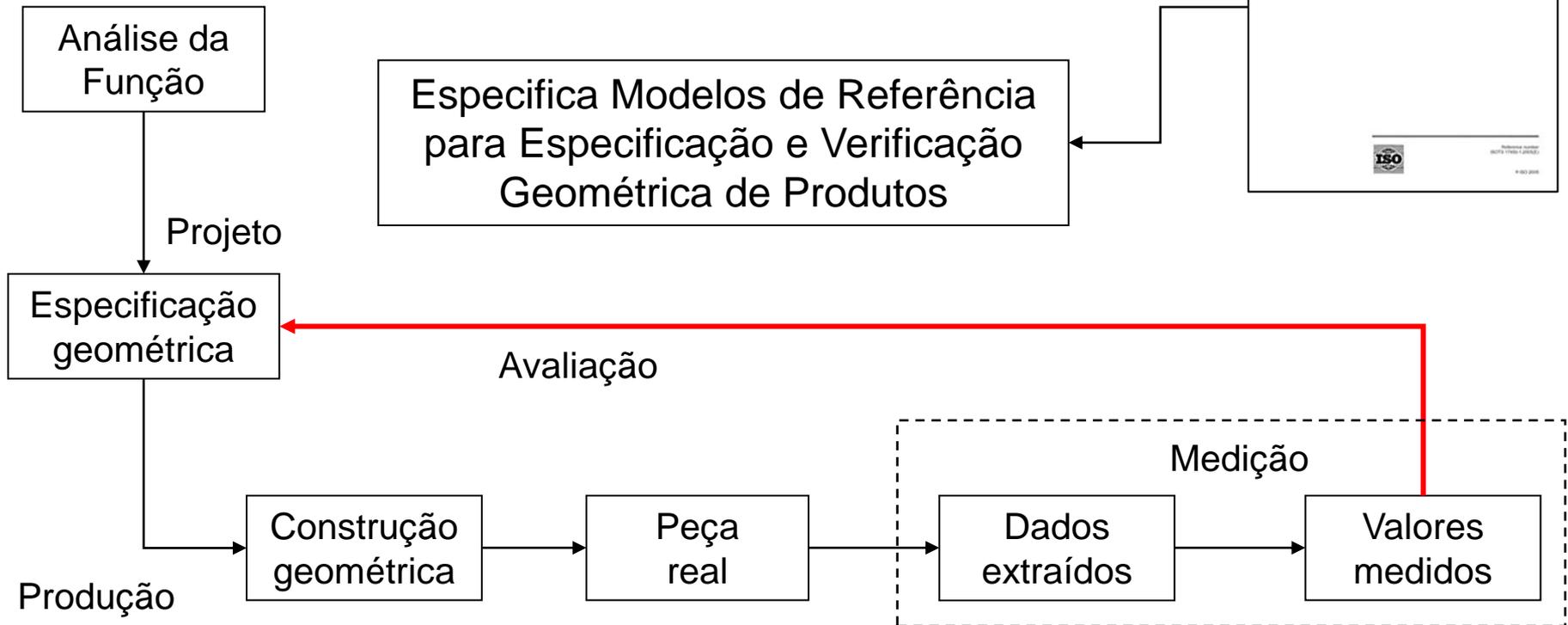


## Vantagens do princípio da dualidade

- Estabelece sinergia entre o projeto, a fabricação e a metrologia.
- Fornece um sistema unificado, um idioma comum e um entendimento comum acerca da geometria do produto.
- Remove comunicações informais e ambiguidades que tantas vezes ocorrem entre o projeto, fabricação e metrologia, internamente ou entre clientes e fornecedores.

# PRINCÍPIO DA DUALIDADE

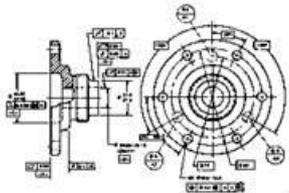
Dessa forma, pode-se afirmar que o princípio da dualidade da norma ISO17450-1 é a essência por trás da relação da especificação geométrica com o controle geométrico.



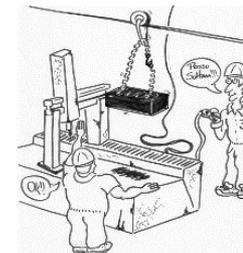
# PRINCÍPIO DA DUALIDADE

Embora a especificação geométrica e a verificação geométrica de produtos sejam atividades relacionadas, a especificação não é delimitada pela verificação.

Especificação  
Geométrica



Verificação  
Geométrica



- A especificação geométrica (**operador de especificação**) contida nos desenhos de engenharia **é independente** do procedimento de medição ou do sistema de medição (**operador de verificação**).
- A especificação geométrica não estabelece quais operadores de verificação são aceitáveis.



# ISO17450-1 E OS MODELOS GEOMÉTRICOS DE REFERÊNCIA

Tanto no projeto como na medição existem modelos geométricos de referência empregados para a especificação e verificação geométrica de produtos

A norma ISO1745-1 define o modelo de especificação da peça (intenção do projeto) e os modelos de verificação dimensional (definidos pelo processo de verificação executado pelo inspetor na peça).

Num processo perfeito os modelos seriam exatamente iguais. Na vida real as diferenças entre os operadores de especificação e medição leva à incerteza de medição.

Os modelos geométricos de referência incorporam as seguintes operações:

**Partição – Extração – Filtragem – Associação – Coleção – Construção – Avaliação**

**Modelo Nominal**

Representação geométrica através de infinitos pontos

**Modelo de Casca**

Representação geométrica através de infinitos pontos



**Superfície Real**

Elementos reais representados por pontos em número finito



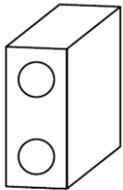
OPERAÇÕES	
Elementos Ideais	
Partição	
Colecção Construção	
Avaliação	

OPERAÇÕES	
Operadores de Especificação	Elementos Não ideais
	Partição
	Extração
	Filtragem
	Associação
Colecção Construção	
Avaliação	

OPERAÇÕES	
Operadores de Verificação	Elemento Real
	Partição
	Extração
	Filtragem
	Associação
	Colecção Construção
Avaliação	

Diferenças levam a incertezas

**Requisitos Nominais**



**Mensurandos definidos**  
Característica de especificação

**Valores medidos**  
Característica de avaliação



As tolerâncias são definidas por meio de simulações em modelos de casca, obtidos a partir da superposição das variações esperadas para a peça em relação ao modelo nominal.

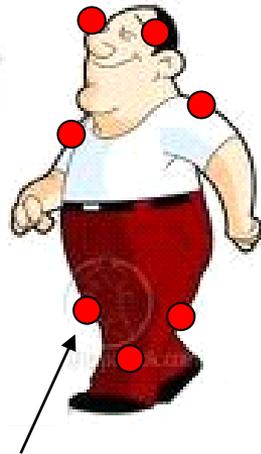
# EXEMPLO DE INCERTEZA DE MEDIÇÃO

Modelo

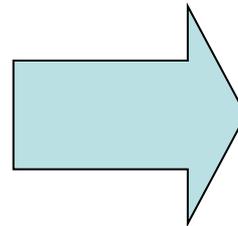
Sub amostragem de pontos... Erro de *aliasing*.



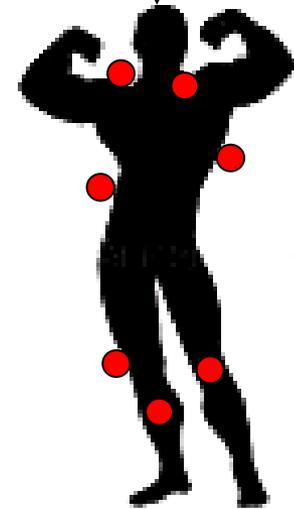
“Elemento real”



Exatção



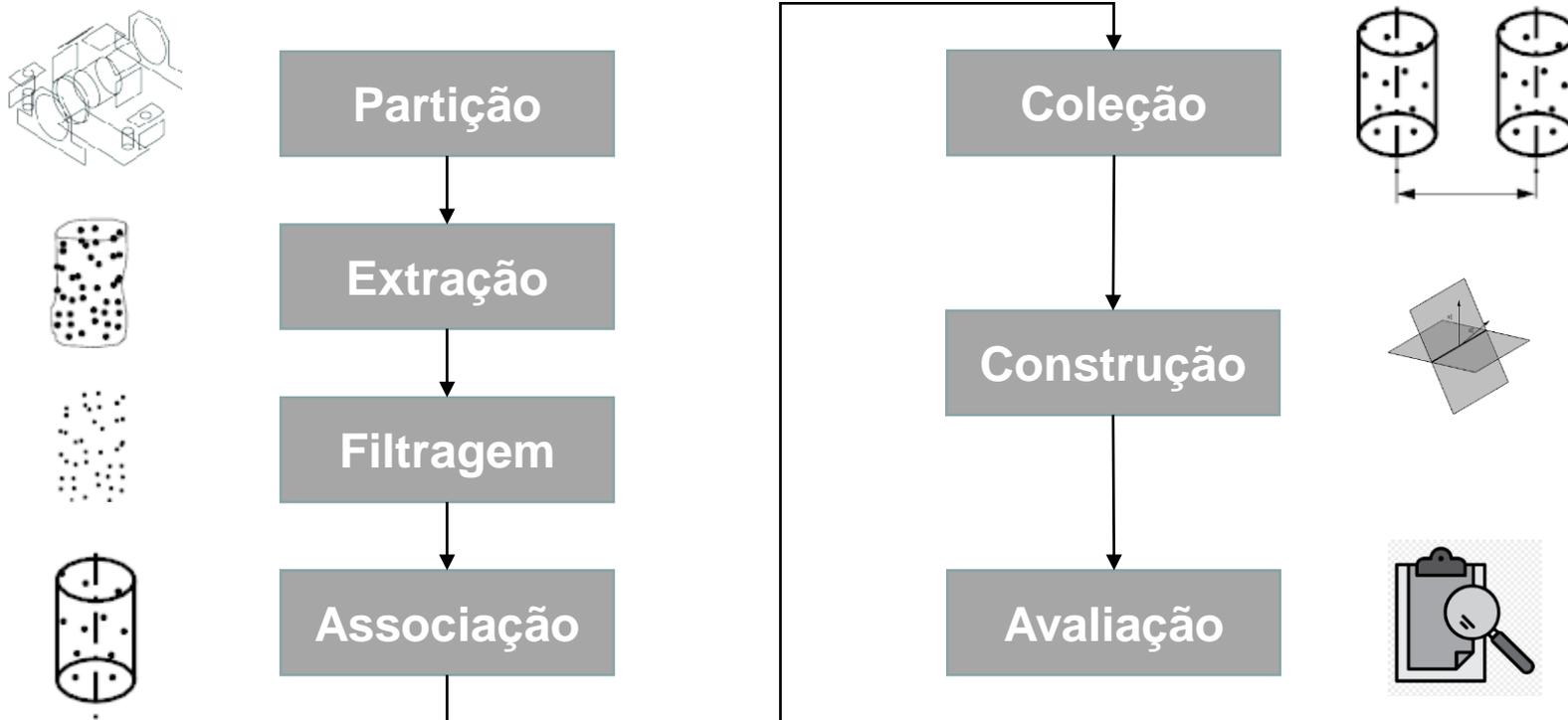
“Elemento associado”



Associação

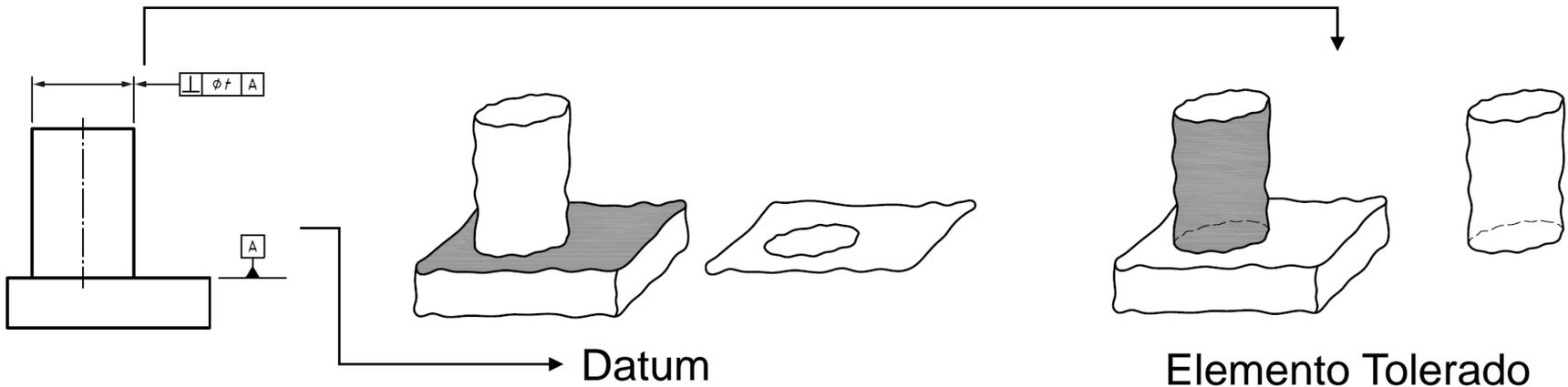
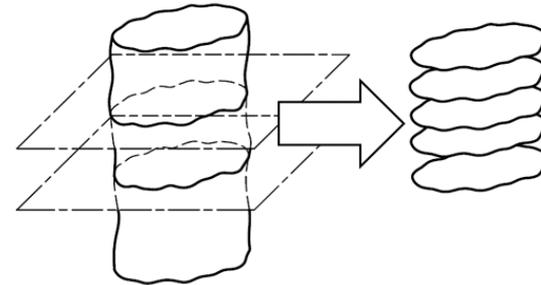
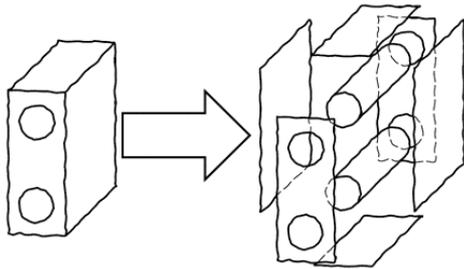
# ENTENDENDO OS MODELOS GEOMÉTRICOS NA VERIFICAÇÃO

Como já citado, o ciclo de especificação, construção e controle geométrico envolve diversas operações geométricas, desde a intenção do projetista nas primeiras análises de GD&T de um produto até a análise de um relatório de medição gerado na inspeção dimensional deste produto. Estas operações ocorrem tanto na especificação como na medição, como apresentado a seguir.



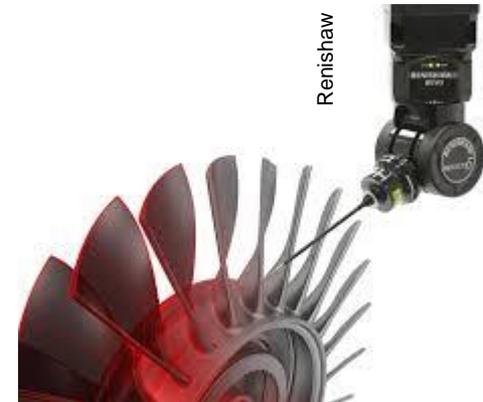
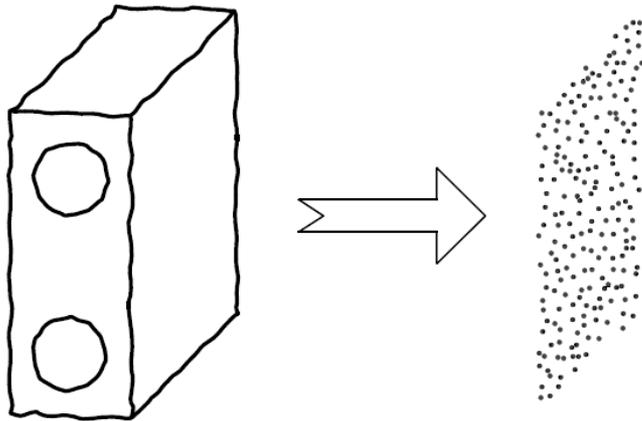
## Partição

Operação para identificar uma parte de um elemento geométrico pertencente à superfície real da peça ou a um modelo da peça.



# Extração

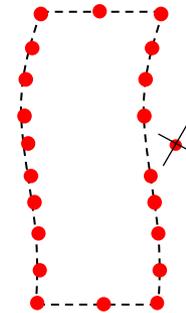
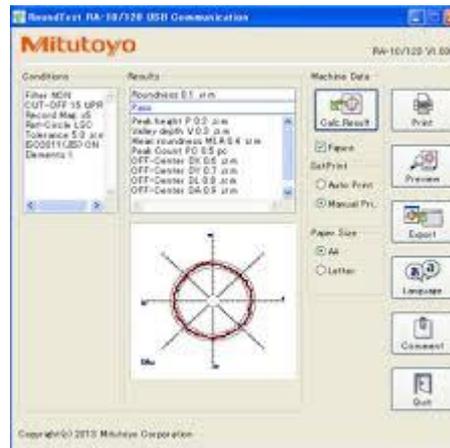
Localização de pontos sobre a superfície da peça real e imperfeita através da apalpação mecânica ou óptica do elemento geométrico de interesse.



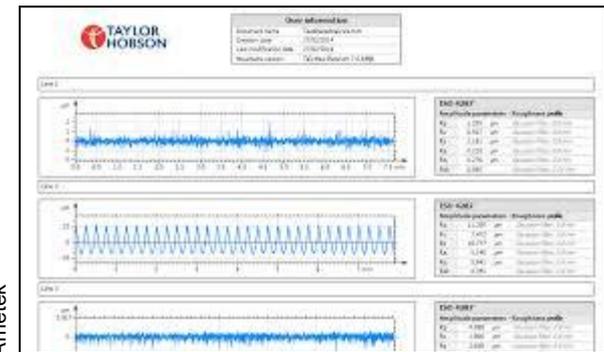
## Filtragem

Operação usada para reduzir o nível de informação obtido na extração para a remoção de pontos indesejados e realçar a informação geométrica de interesse.

Mitutoyo

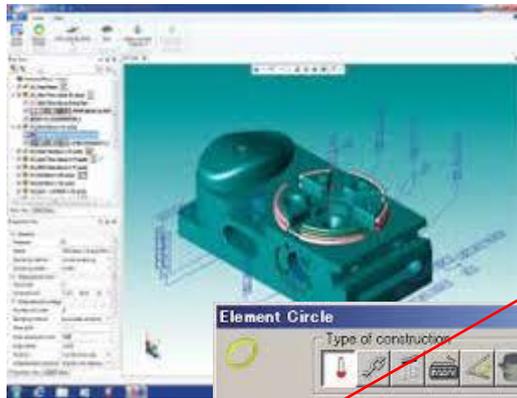


Ametek

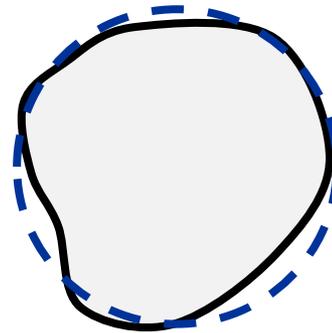
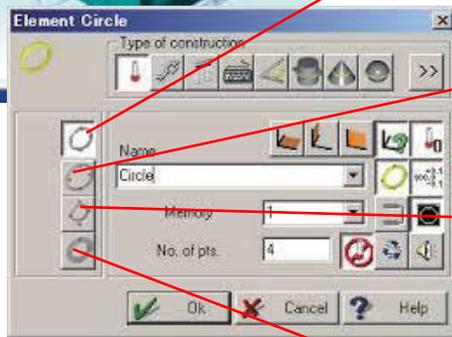


# Associação

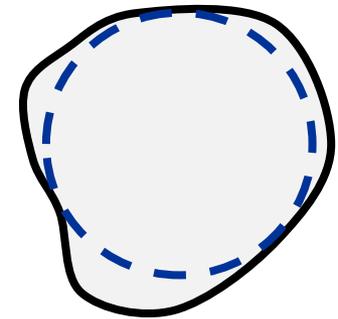
Operação usada para ajustar elementos geométricos ideais em elementos geométricos não ideais, de acordo com um critério matemático estabelecido.



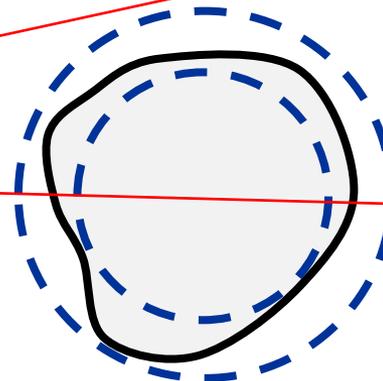
Mitutoyo



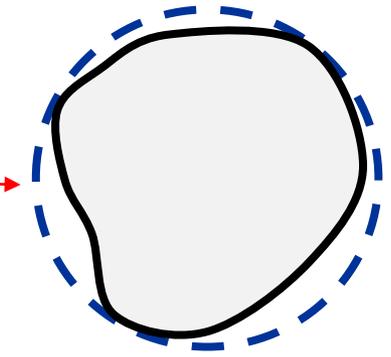
Mínimos Quadrados



Máximo Inscrito

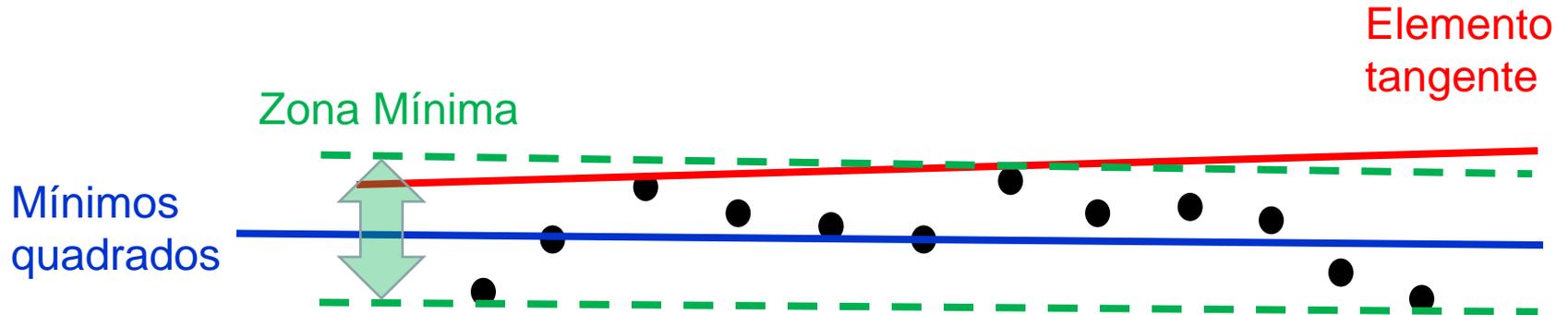


Zona Mínima



Mínimo Circunscrito

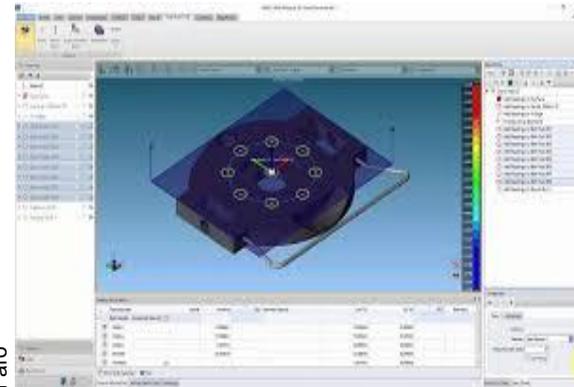
## Associação



Renishaw

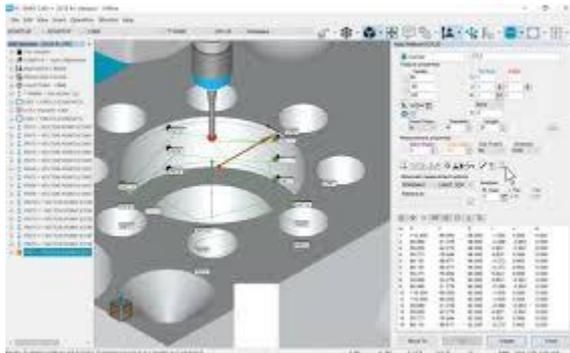
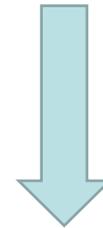
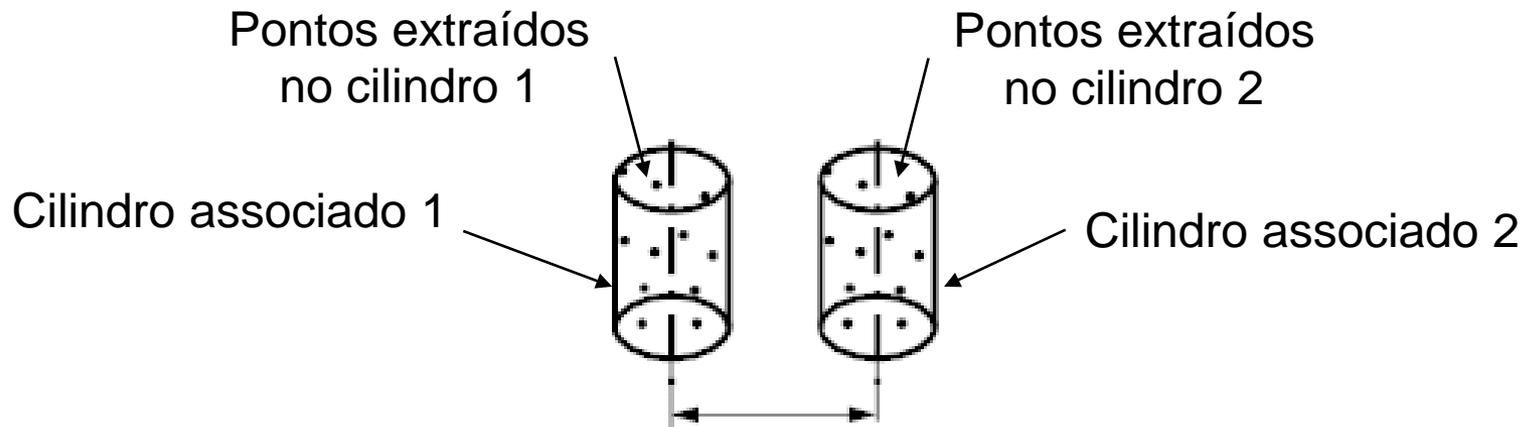


Faro



## Coleção

Operação realizada para unir dois ou mais elementos geométricos para a obtenção de uma informação geométrica importante para a função do componente.

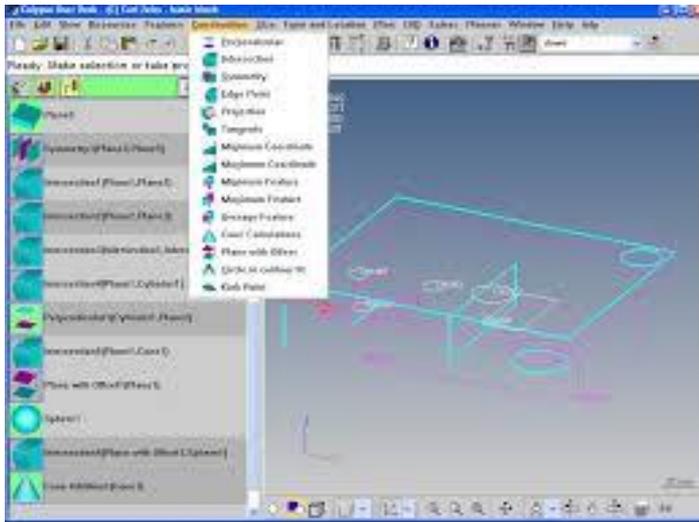


Haxagon

Operação de coleção permitiu a determinação da distância entre os cilindros

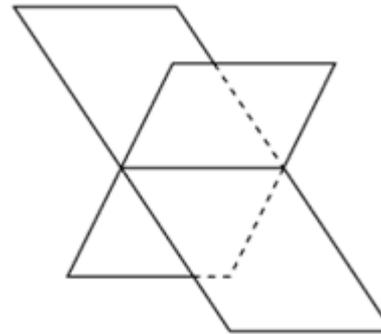
## Construção

Operação realizada para construir um elemento geométrico a partir de outros dois elementos geométricos.



Zeiss

Plano associado 1



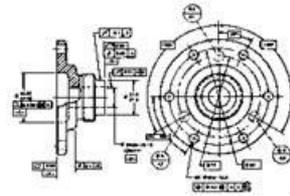
Linha construída pela interseção entre planos

Plano associado 2

Observação: todo elemento construído a partir de outros é perfeito na sua forma. Esta linha, por exemplo, não tem erro de retitude.

## Avaliação

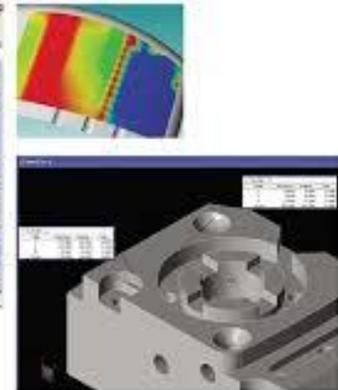
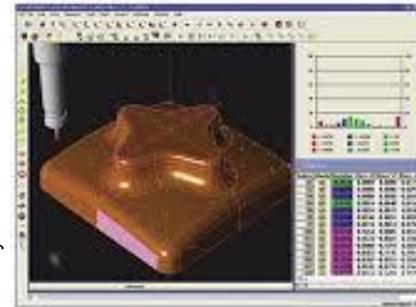
Operação de comparação do valor de uma característica frente aos limites especificados. Ocorre ao final de toda a operação de verificação.



Mahr

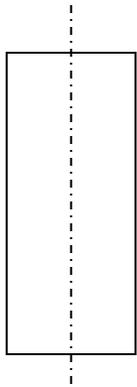
Innovations Ltd. controller M. Adler drawing no. 7 10 25 39 42 3 6			Marsurf PS 10 1.00-14
Creation date:	10/31/2016 02:07 pm	Lt:	4.0 mm
Device:	Marsurf PS 10 (1118)	Lc:	2.5 µm
Probe:	PHT 350	Vb:	+/-200.0 µm
		Vc:	1.0 mm/s
		Points:	8000
page 90			bore diameter
run 1410			batch 26
order no. 13			
R(L)C ISO 16610-21 0.8 mm]			
µm			
Ver 5.0 µm/div; Hor 0.8 mm/div;			4.0 mm
R(L)C ISO 16610-21 0.8 mm]			
Ra	1.525 µm	0.000	3.000
Rz	8.168 µm	0.000	6.000
Rmax	11.637 µm	0.000	25.000
Rp(ASME)	5.712 µm	0.000	12.000
Rpm	4.187 µm	0.000	8.000
Rv	4.000 µm	0.000	12.000
Rt	11.637 µm	22.000	25.000
Rmr (1.00, 5.0)	12.89 %	0.00	10.00

Mitutoyo



# RESUMINDO UM POUCO...

**Elemento Nominal**



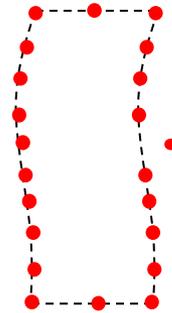
*Como o projetista pensa*

**Elemento Real**



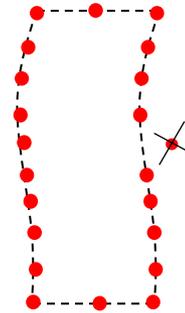
*Como o processo produz*

**Extração**



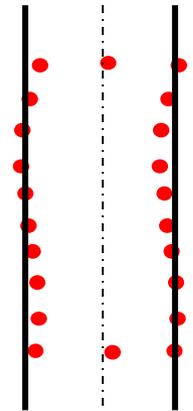
*Como a peça é apalpada*

**Filtragem**



*Como os pontos são considerados*

**Associação**

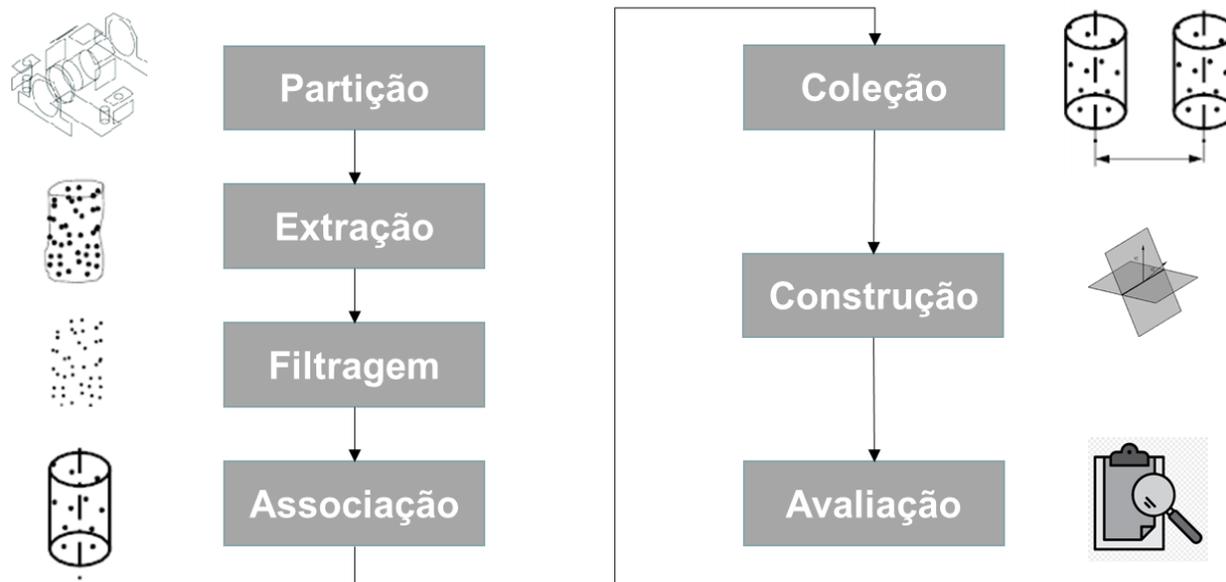


*Como o software reconstrói a geometria*

# CONCLUSÃO

O Princípio da dualidade e os modelos geométricos de referência estabelecem a ligação entre a especificação geométrica (definição do mensurando) e o controle geométrico do produto (verificação do mensurando).

Na verificação geométrica os modelos de referência estabelecem uma sequência estruturada para a obtenção de resultados de medição confiáveis para a comparação com os requisitos estabelecidos no projeto do produto.



## Bibliografias

**ISO 17450-1:2011** – Geometrical product specifications (GPS) — General concepts — Part 1: Model for geometrical specification and verification

**ISO 17450-2:2012** – Geometrical product specifications (GPS) — General concepts — Part 2: Basic tenets, specifications, operators, uncertainties and ambiguities

**ISO 17450-3:2016** Geometrical product specifications (GPS) - Part 3: Toleranced features

**Simmons C., Maguire D.** Manual of Engineering Drawing, Technical Product Specification and Documentation to British and International Standard. 3rd Edition. Elsevier, 2009.

**Henzold, G.** Geometrical Dimensioning and Tolerancing for Design, Manufacturing and Inspection: A Handbook for Geometrical Product Specification using ISO and ASME standards. Ed. Butterworth-Heinemann.

**Sousa, A. R.** GD&T Avançado para Interpretação, Análise e Medição Tridimensional. Apostila do Módulo B do Programa de Formação Avançada em Metrologia 3D – FORMA3D, 2020.

**Esperamos que estas  
informações sejam  
úteis e até a próxima.**





**Formação Avançada em Metrologia 3D**

[www.forma3d.com.br](http://www.forma3d.com.br)