

# Novas Normas ISO de GD&T na Prática. Do Projeto ao Chão de Fábrica.

André Roberto de Sousa

Seminários de GD&T  
Campinas e Curitiba, 2022.

FORMA  
**3D**

Mitutoyo

# Breve apresentação

Engenheiro Mecânico com 30 anos de atuação em Metrologia

Professor e coordenador de projetos de P&D cooperativos com indústrias

Co-autor



**INSTITUTO FEDERAL**  
Santa Catarina

# FORMA 3D

Formação Avançada em Metrologia 3D

# Novas Normas ISO GD&T na Prática. Do Projeto ao Chão de Fábrica.

Objetivo:

Apresentar novidades de especificação de tolerâncias em várias normas ISO/GPS relacionando à evolução dos sistemas de manufatura.

- 1. GD&T como ferramenta de ganho de competitividade**
- 2. As Tolerâncias precisam ser bem dimensionadas e bem comunicadas**
- 3. A Série de Normas ISO/GPS**
- 4. Evolução da Indústria e Atualização das Normas**
- 5. Revisões recentes de importantes normas ISO/GPS**
- 6. Conclusões**

# 1. GD&T como ferramenta de ganho de competitividade

FORMA  
3D  
CONVIVENDO COM A VARIABILIDADE DIMENSIONAL

Projeto



Processo Imperfeito

Mão de obra



Método



Máquina



Matéria-prima



Medição

Meio Ambiente

Peças com  
dimensões variadas

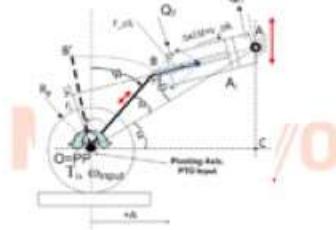


Mas...

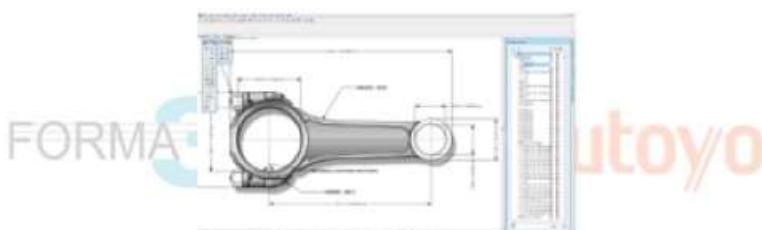
O Imperfeito pode funcionar perfeitamente!!

Desde que as possíveis imperfeições tenham sido analisadas e limitadas a valores que não atrapalhem a montagem nem a funcionalidade do produto.

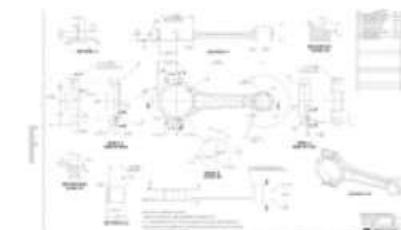
ANÁLISE DA FUNÇÃO



ANÁLISE DAS TOLERÂNCIAS



INDICAÇÃO EM DESENHO



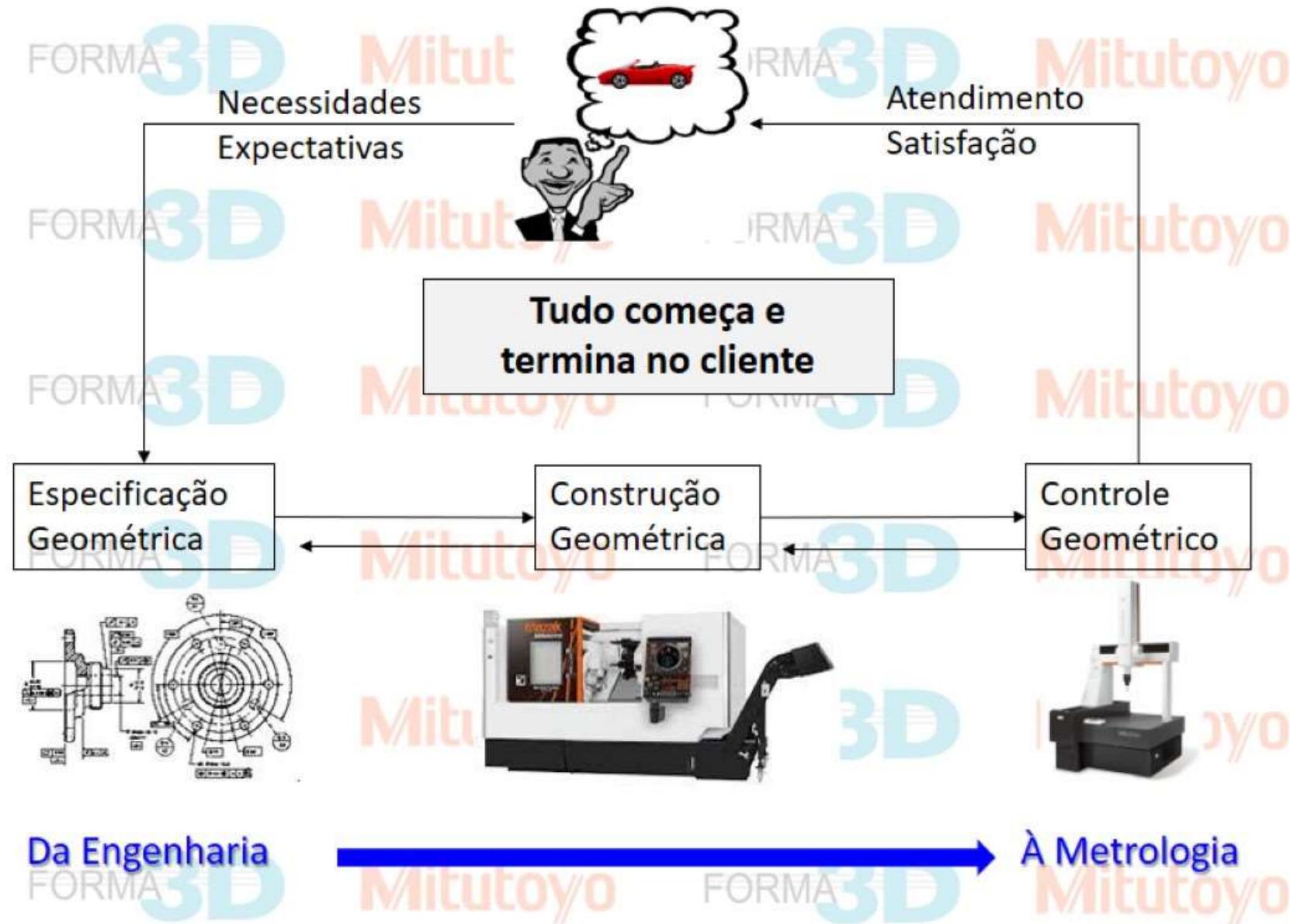
Novas Normas ISO GD&T na Prática. Do Projeto ao Chão de Fábrica.

Mitutoyo



As tolerâncias existem para atender requisitos do cliente.

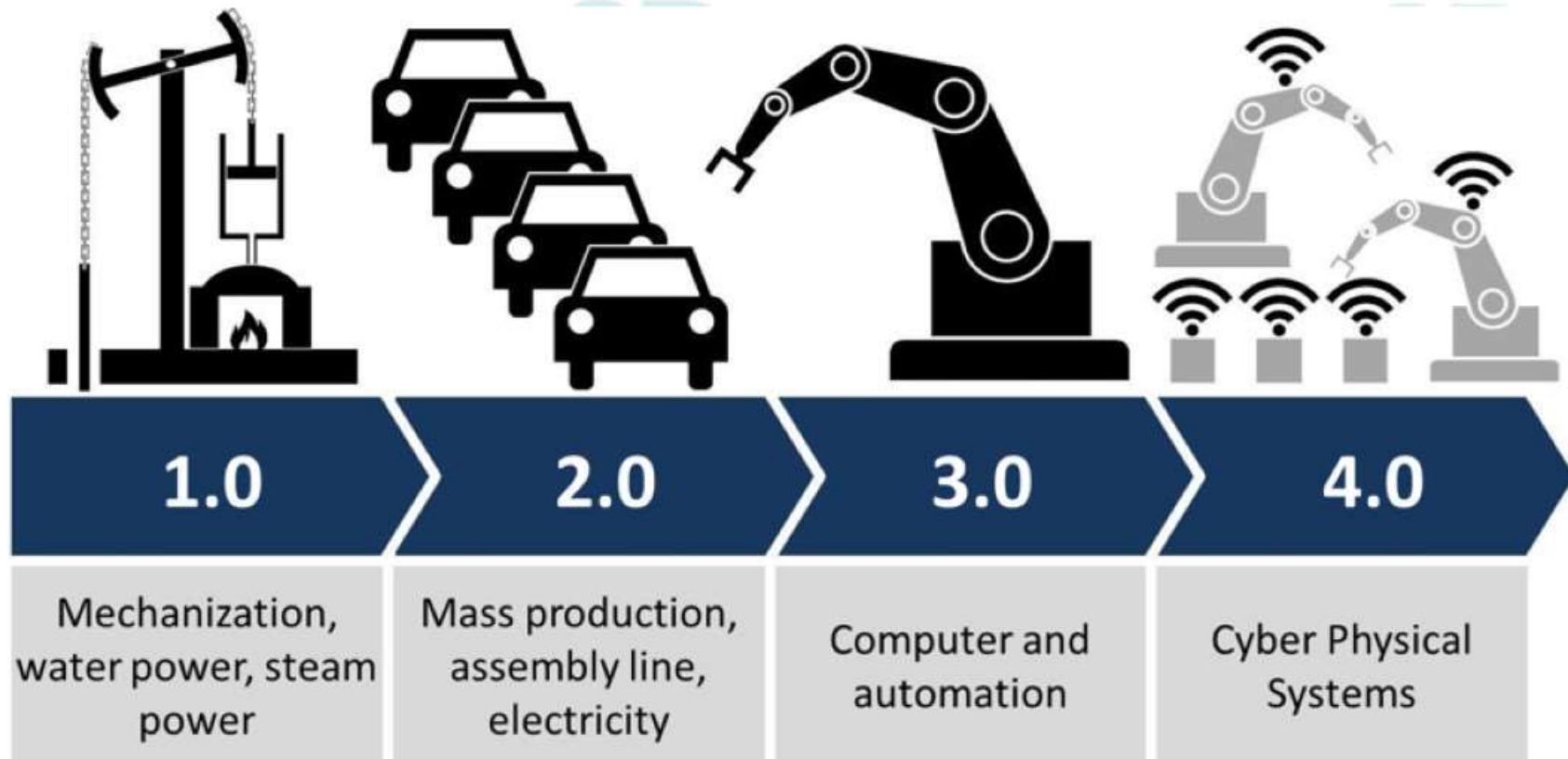
A especificação geométrica é a voz do cliente.



Novas Normas ISO GD&T na Prática. Do Projeto ao Chão de Fábrica.



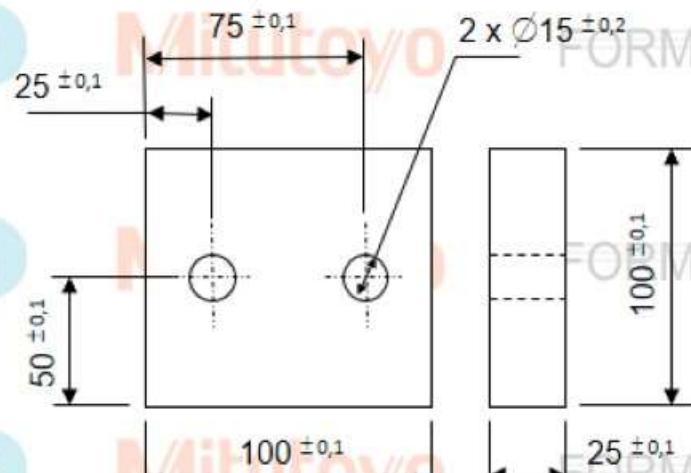
E assim foi desde que a produção evoluiu do artesanal (Indústria 1.0) para o seriado (Indústria 2.0).



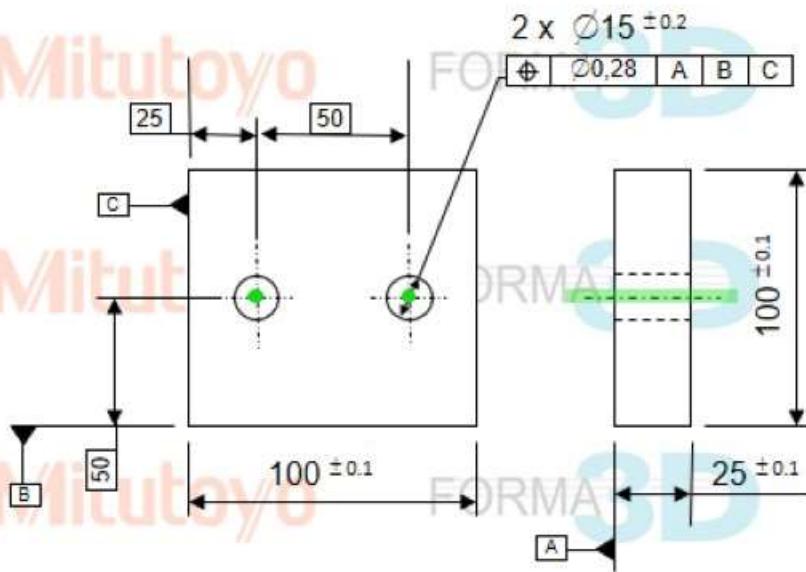
Montagem intercambiável é a meta.

A Indústria evolui. A especificação geométrica também.

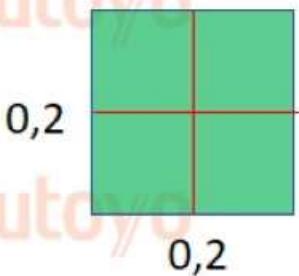
### Tolerância cartesiana



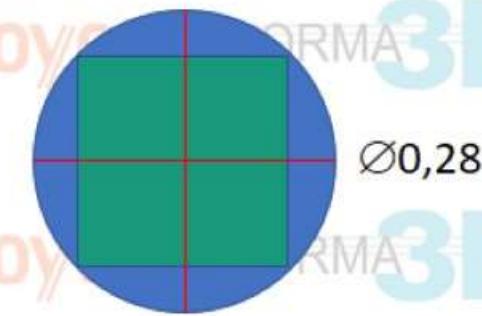
### Tolerância geométrica



#### Zona de tolerância retangular



#### Zona de tolerância cilíndrica



Novas Normas ISO GD&T na Prática. Do Projeto ao Chão de Fábrica.

Mitutoyo

FORMA 3D Mitutoyo



Necessidade

Inclinação máxima 2 mm  
Empenamento máximo 1 mm



Realidade



Especificação

FORMA 3D Mitutoyo



FORMA 3D Mitutoyo



FORMA 3D Mitutoyo

Desenho simples.  
Peça cara.

FORMA 3D Mitutoyo



Necessidade

Inclinação máxima 2 mm

FORMA 3D Mitutoyo

$\odot$	10	A
//	2	A
$\square$	1	

FORMA 3D Mitutoyo



\*ISO1101

FORMA 3D Mitutoyo

FORMA 3D

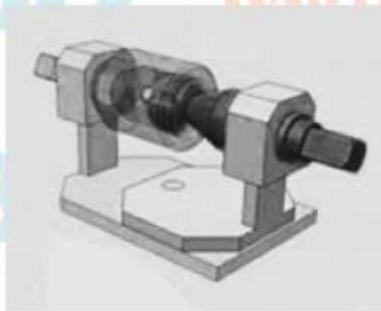
Novas Normas ISO GD&T na Prática. Do Projeto ao Chão de Fábrica.

Mitutoyo

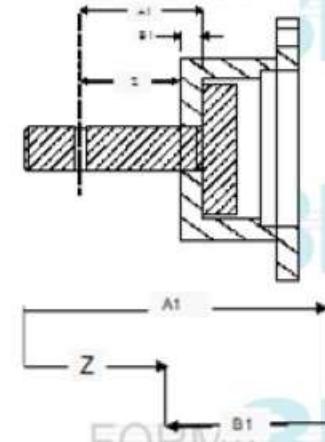
## GD&T – Geometric Dimensioning and Tolerancing

- Método de dimensionamento da variação geométrica
- Linguagem para Expressão desta variação geométrica

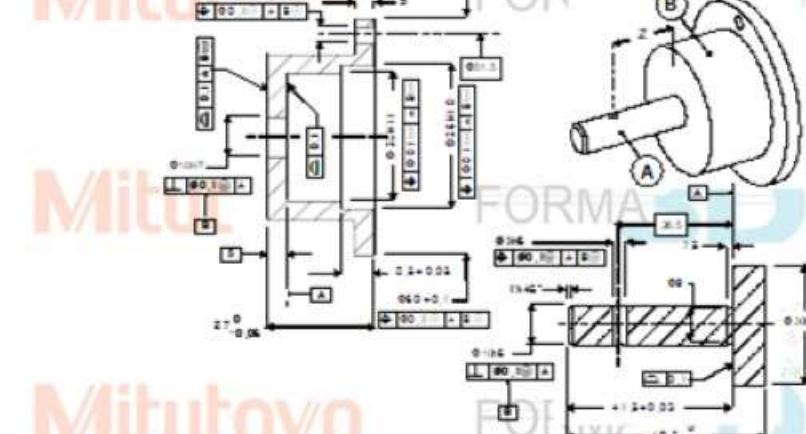
Análise da função  
da peça



Identificação de  
cotas funcionais



Especificação das  
tolerâncias



Formalização no  
desenho

É a forma mais consistente de expressar a variação dimensional do produto, ao proporcionar os recursos necessários para

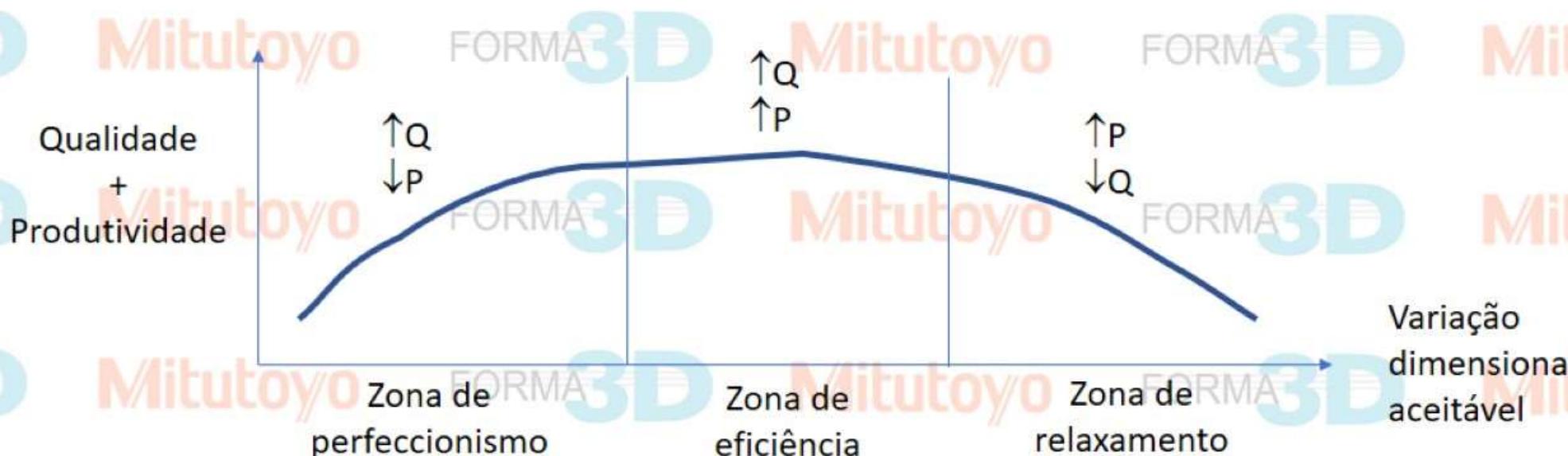
que o projeto possa informar os principais parâmetros geométricos, focando não somente o produto, mas também levando em consideração os processos de fabricação, o controle dimensional e a montagem.

## Conformidade Dimensional

- Requisito para a Qualidade
- Desafio para a Produtividade

Peças com variações dimensionais acima do necessário são causa de inúmeros problemas que impactam na Qualidade.

Peças de alta precisão são mais difíceis e demoradas de produzir, geram mais refugos e retrabalhos, impactando na Produtividade.



**Qualidade:** características de um produto que o habilitam a satisfazer as necessidades dos clientes.

Impacto na satisfação



**Produtividade:** a capacidade de fazer mais, utilizando menos recursos e em menos tempo.

Impacto no custo



Impacto na competitividade



## 2. As Tolerâncias precisam ser bem dimensionadas e bem comunicadas

FORMA  
3D

Mitutoyo

FORMA  
3D

Mitutoyo

FORMA  
3D

Mitutoyo

### Incertezas do Projeto à Inspeção: ISO 17450-2

FORMA  
3D

Mitutoyo

FORI

Mitutoyo

FORMA  
3D

Mitutoyo

FORMA  
3D

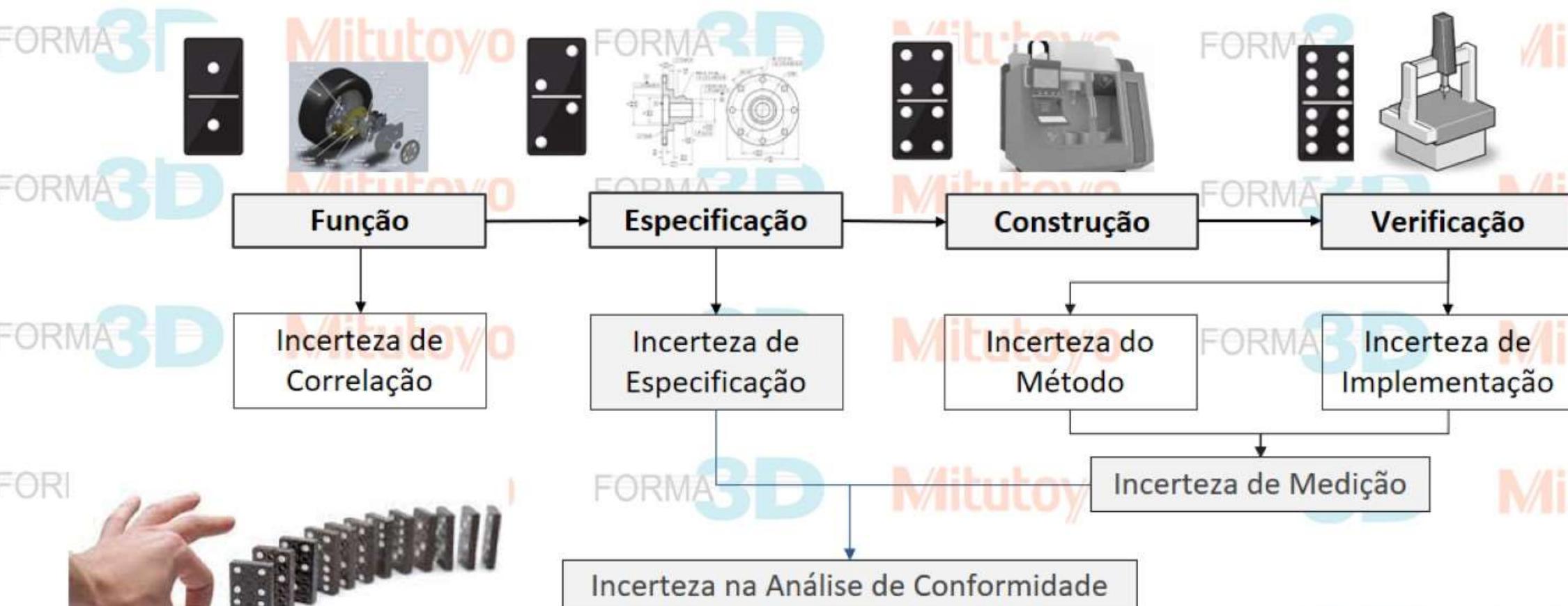
Mitutoyo

FORI

Mitutoyo

FORMA  
3D

Mitutoyo



FORMA  
**3D**

Mitutoyo FORMA 3D Mitutoyo FORMA 3D Mitutoyo FORMA 3D

Toda comunicação precisa de uma linguagem com regras gramaticais bem definidas e aceita por todos como oficiais.

FORMA  
**3D**

Mitutoyo FORMA 3D Mitutoyo FORMA 3D Mitutoyo FORMA 3D

FORMA  
**3D**

Mitutoyo FORMA 3D Mitutoyo FORMA 3D Mitutoyo FORMA 3D

FORMA  
**3D**

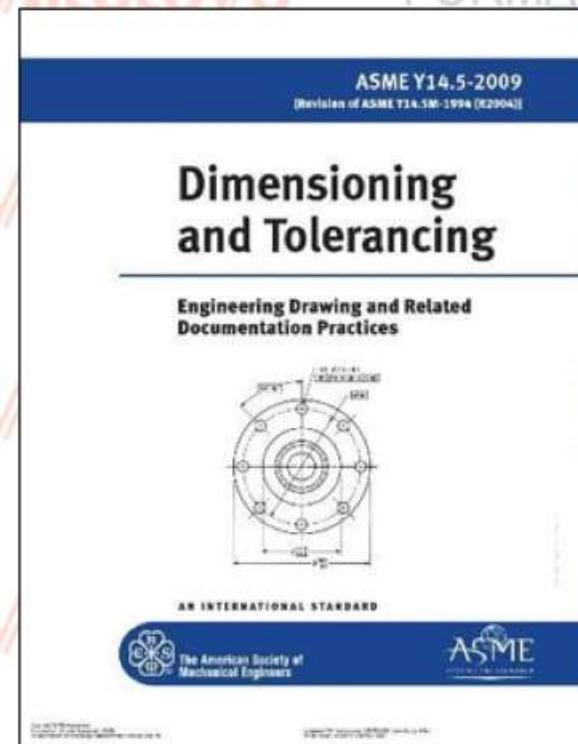
Mitutoyo FORMA 3D Mitutoyo FORMA 3D Mitutoyo FORMA 3D

FORMA  
**3D**

Mitutoyo FORMA 3D Mitutoyo FORMA 3D Mitutoyo FORMA 3D

FORMA  
**3D**

Mitutoyo FORMA 3D Mitutoyo FORMA 3D Mitutoyo FORMA 3D



Norma Americana ASME Y14.5



Normas ISO/GPS

FORMA  
**3D**

Mitutoyo FORMA 3D Mitutoyo FORMA 3D Mitutoyo FORMA 3D

Novas Normas ISO GD&T na Prática. Do Projeto ao Chão de Fábrica.

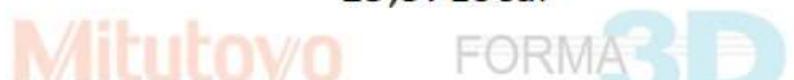
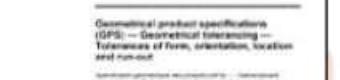
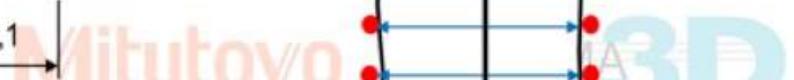
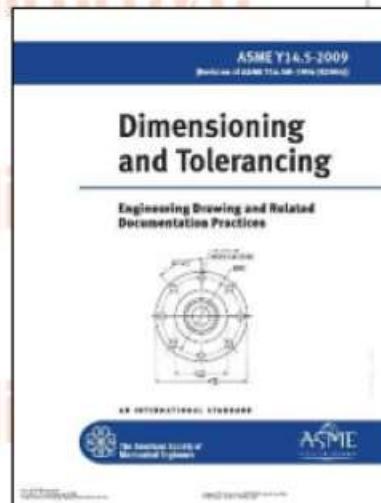
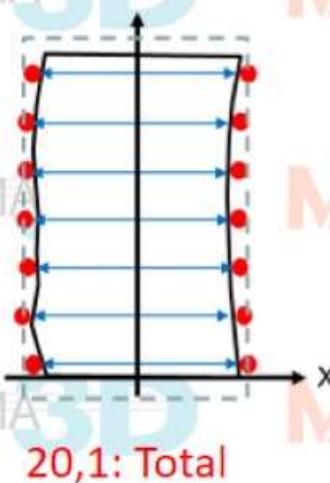
Mitutoyo

## **Exemplo de divergência:**

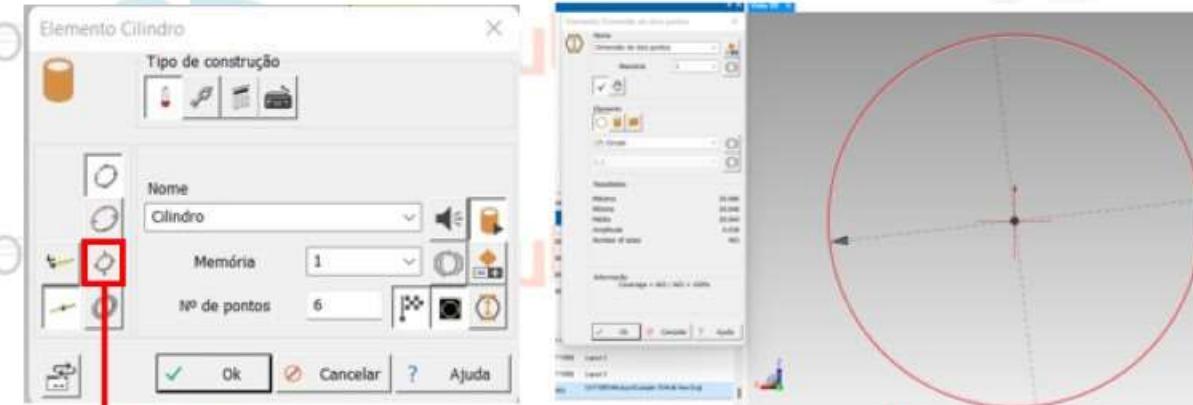
## Princípio de independência: ISO8015



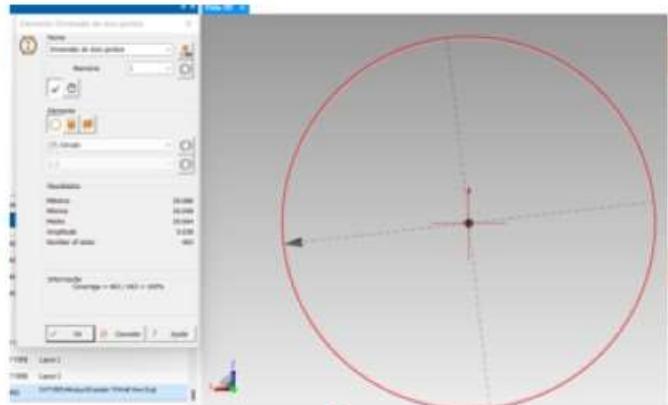
Requisito de envelope: ASME Y14.5



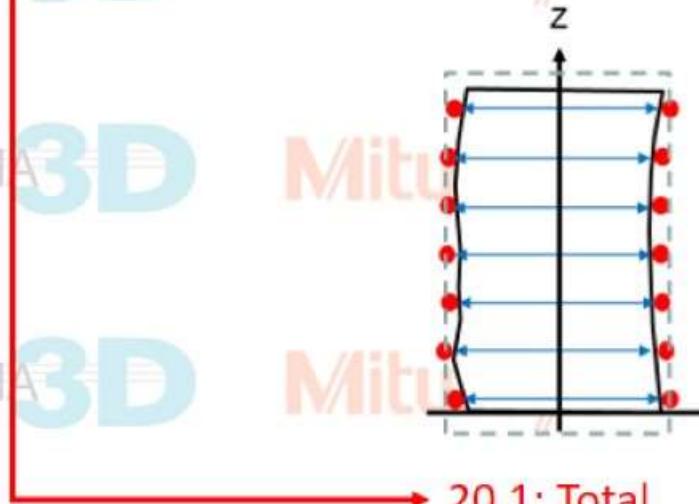
ASME Y14.5



ISO/GPS 8015



FORMA 3D



20,1: Total

Mitteilungen

FORMA 3D

Mitutoyo MCosmos V5

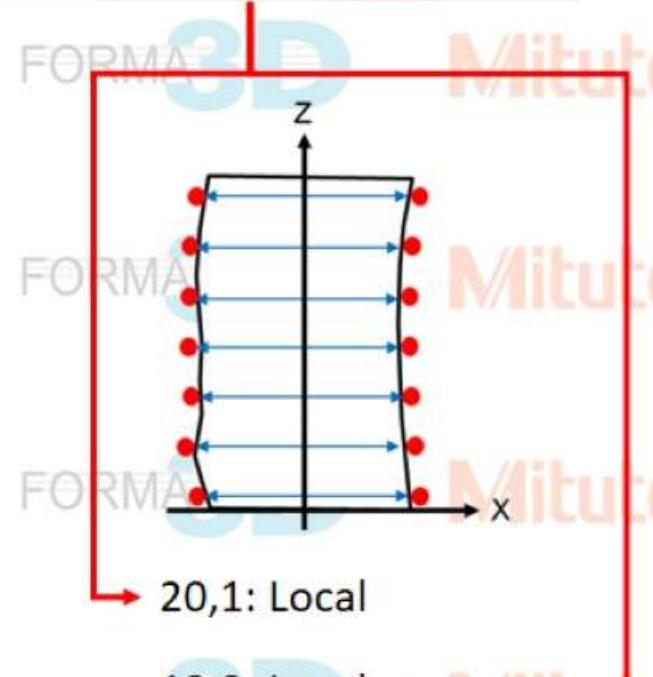


→ 20,1: Local

19,9: Local

FORMA 3D

Mitutoyo



**Novas Normas ISO GD&T na Prática. Do Projeto ao Chão de Fábrica.**

Mitutoyo

### 3. A Série de Normas ISO/GPS

GPS = Geometrical Product Specification

Especificação Geométrica de Produtos

Linguagem simbólica usada para comunicar requisitos funcionais das peças em desenhos técnicos.

GPS é a mesma coisa de GD&T?

GD&T: Cobre tolerâncias geométricas

ISO-GPS: Tolerâncias geométricas, Tolerâncias Dimensionais, Tolerâncias de Acabamento Superficial

Comitê técnico TC213

ISO/TC 213

Dimensional and geometrical product specifications and verification

Proposição  
de tema

Consenso entre  
especialistas

Consenso dentro  
do comitê

Rascunho da  
norma (ISO DIS)

Aprovação da  
norma ISO DIS

Publicação  
da norma

\*DIS = Draft International Standard

## EXEMPLO: NORMA ISO1

FORMA  
3D

Mitutoyo

FORMA  
3D

Mitutoyo

FORMA  
3D

Mitutoyo

Proposição  
de tema

Consenso entre  
especialistas

Consenso dentro  
do comitê

Rascunho da  
norma (ISO DIS)

Aprovação da  
norma ISO DIS

Publicação  
da norma

Necessário definir uma temperatura de referência na qual as dimensões das peças sejam válidas

Consenso entre especialistas em geral sobre a necessidade. Consenso que seja 20° C.

Consenso dentro do comitê: 20° C.

Elaboração de rascunho da norma

Votação e aprovação dentro do TC213

Publicação da norma

## ISO 1:2022

Geometrical product specifications (GPS) – Standard reference temperature for  
the specification of geometrical and dimensional properties

FORMA  
3D

Novas Normas ISO GD&T na Prática. Do Projeto ao Chão de Fábrica.

Mitutoyo

## Curiosidades

FORMA 3D Mitutoyo

FORMA 3D

Mitutoyo

FORMA 3D

Mitutoyo

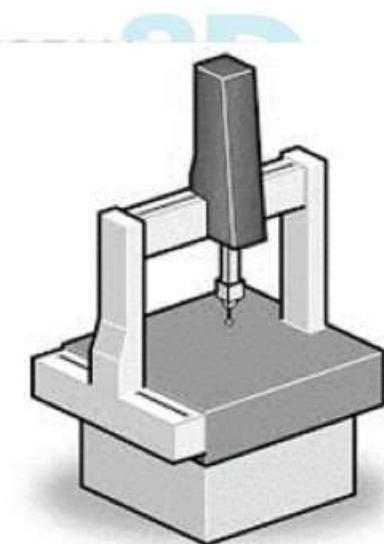
A temperatura de 20° foi adotada em 1931 pela conferência geral de pesos e medidas (CIPM), e se tornou uma recomendação da ISO em 1951.

Substituiu outras temperaturas de referência para medição de comprimento que fabricantes de equipamentos de medição costumavam usar, incluindo 0°, 62°F e 25°C.

Entre as razões da escolha do 20 graus estão que é uma temperatura fácil de controlar e confortável (ou suportável)....

Outra razão é que a temperatura resulta num número inteiro tanto em graus Celsius como em Fahrenheit.

$$20^\circ = 68^\circ\text{F}$$



# Organização das normas ISO/GPS

Ao contrário da norma ASME Y14.5 que é um documento único, o conceito de GPS da ISO está dispersa em diversas normas.

Para registrar o que cada norma cobre, e evitar vazios e sobreposições, as normas estão organizadas em um *master plan* (ISO14638).

## Tipos de normas

- Fundamentais: Ex. ISO8015 – Princípio de Independência
- Globais: Ex. ISO1 – Temperatura de Referência, VIM, GUM
- Gerais: Ex. ISO1101 – Tolerâncias Geométricas
- Complementares: Ex. ISO10135 representação de peças fundidas e forjadas

## Abrangência das normas (chain link)

- A: Definição de como documentar o desenho
- B: Definição das tolerâncias de desenho
- C: Definição das características do elemento extraído ao medir as peças
- D: Definição de análise de conformidade em avaliação de produtos
- E: Definição da forma de avaliação das peças
- F: Define características dos equipamentos de medição
- G: Define procedimentos de calibração de equipamentos de medição

	Chain links						
	A Symbols and indications	B Feature requirements	C Feature properties	D Conformance and non-conformance	E Measurement	F Measurement equipment	G Calibration
Size							
Distance							
Form							
Orientation							
Location							
Run-out							
Profile surface texture							
Areal surface texture							
Surface imperfections							



Exemplos

Mitutoyo

Norma ISO1101

	Chain links						
	A Symbols and indications	B Feature requirements	C Feature properties	D Conformance and non-conformance	E Measurement	F Measurement equipment	G Calibration
Size							
Distance							
Form	*	*	*				
Orientation	*	*	*				
Location	*	*	*				
Run-out	*	*	*				
Profile surface texture							
Areal surface texture							
Surface imperfections							

### Outras normas

	Chain links						
	A Symbols and indications	B Feature requirements	C Feature properties	D Conformance and non-conformance	E Measurement	F Measurement equipment	G Calibration
Size	ISO 14405-1	ISO 14405-1	ISO 286-1	ISO/TR 16015	ISO 1938-1	ISO 463	ISO/TS 15530-3,
	ISO 286-1	ISO 286-1	ISO/TS 16610 series	ISO 14253 series		ISO 13385-1	ISO/TS 15530-4,
		ISO 286-2	ISO 14405-1			ISO 13385-2	ISO/TR 16015
						ISO 3650	ISO/TS 16610 series
						ISO/TR 16015	ISO 14253 series
						ISO/TS 23165	
						ISO 14253 series	
						ISO 10360 series	

## 4. Evolução da Indústria e Atualização das Normas

A sociedade muda e novas palavras e regras vão sendo atualizadas nos dicionários e gramáticas.

Academia Brasileira de Letras



Dicionário: Mais de 1000 palavras foram adicionadas em 2021

Há muitos anos surgiu a língua portuguesa, originária do latim vulgar – uma das modalidades da língua dos antigos romanos, a variante popular falada. De lá para cá, ela sofreu muitas alterações e, quando chegou ao Brasil, teve influências das raízes indígenas, por conta da diversidade de tribos que trouxeram ainda mais riqueza para o idioma.

Hoje, o português é adotado por cerca de 230 milhões de pessoas, sendo o oitavo idioma mais falado no planeta. E, assim como a sociedade muda e se adapta aos novos cenários, a língua também acompanha esses passos. Como resultado, na última semana, a Academia Brasileira de Letras (ABL) lançou a 6ª edição do Vocabulário Ortográfico da Língua Portuguesa (Volp). A última atualização tinha sido feita em 2009.

Na nova edição foram incluídas mais de mil novas palavras, entre elas home office, lockdown, ciclofaixa, empoderamento e educomunicação. Agora, o dicionário conta com um total de 382 mil

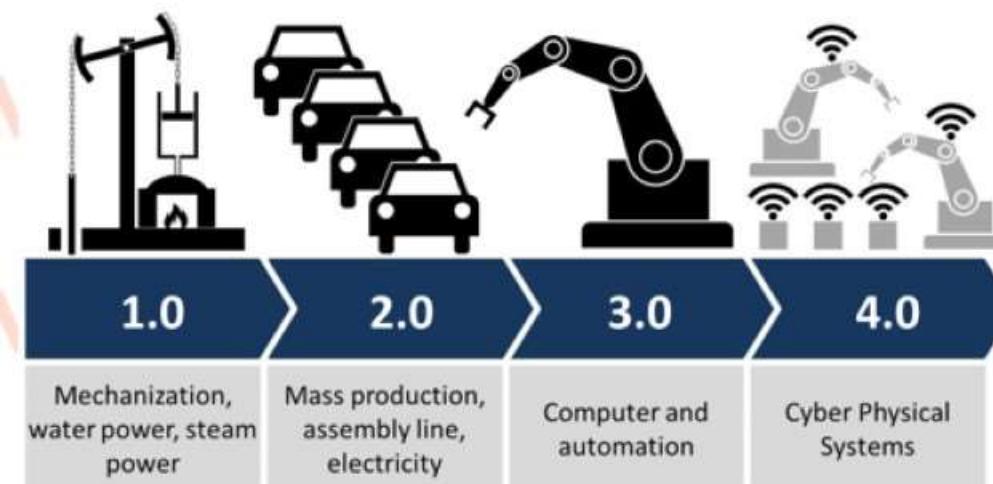
A indústria muda e novas simbologias e regras vão sendo atualizadas nas normas.



- Exigências da sociedade e do mercado
- Maiores demandas por competitividade
- Novas tecnologias empregadas na manufatura



1969 – 1983 – 2004 – 2012 – 2017 - ...

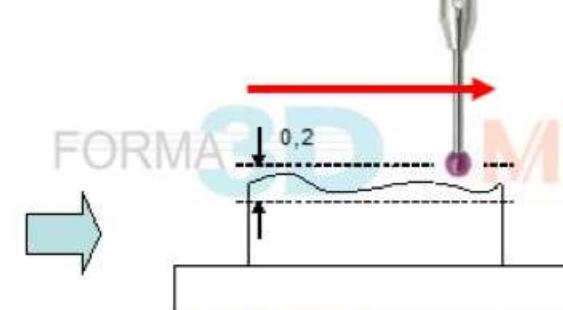
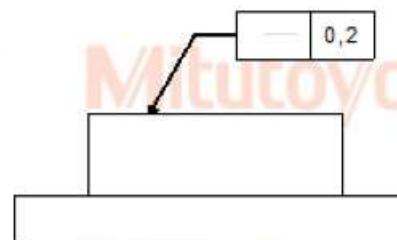


Exemplo:

- Popularização do computador 1980 - 1990
- Digitalização da prancheta: Surgimento do CAD
- Representação de tudo no modelo 3D: conceito MBD – Model Based Definition
- Dificuldades de leitura do desenho 3D relacionado a algumas tolerâncias

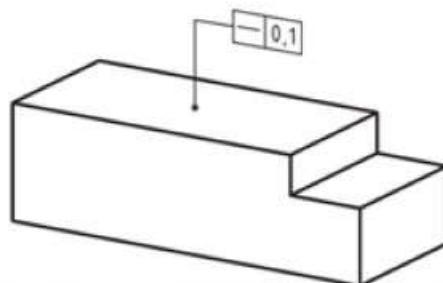


Indicação da tolerância de  
retitude na vista 2D do desenho



Direção de avaliação definida.

Indicação da tolerância no modelo 3D

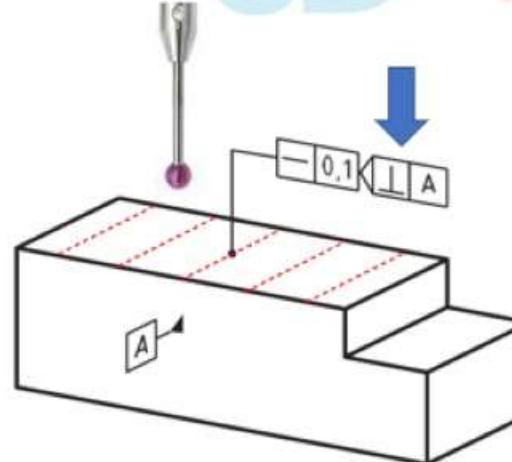
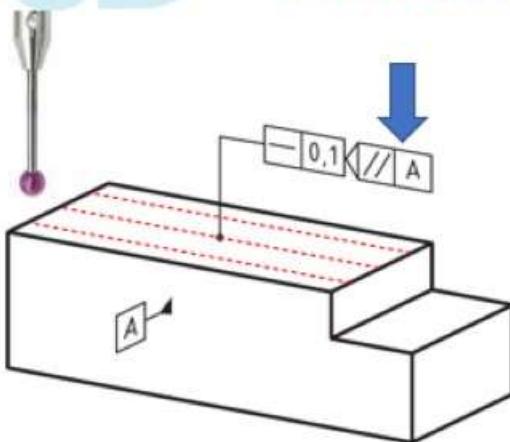


Qual a direção de avaliação?



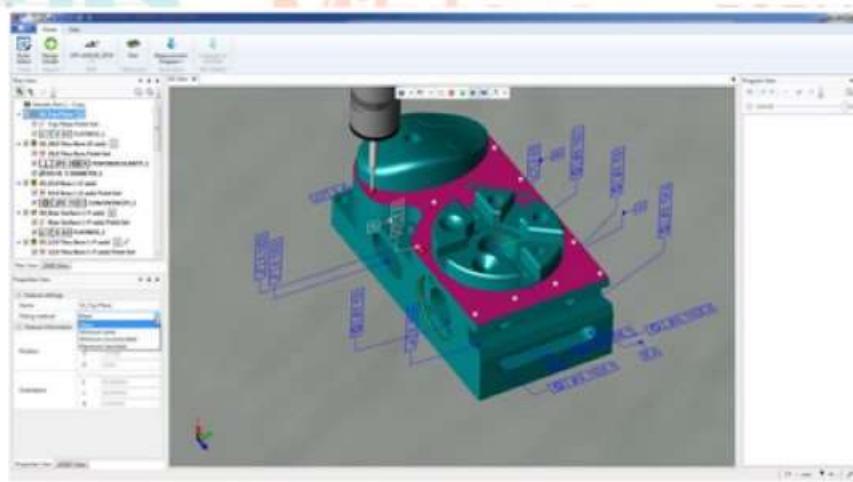
Exemplo:

Surgimento do recurso de indicação do plano de interseção



Atualização que permite comunicar no modelo 3D a direção controlada pela tolerância.

Interpretação define a direção de apalpação, seja com máquinas de medir tridimensional ou com máquina de medir perfis.

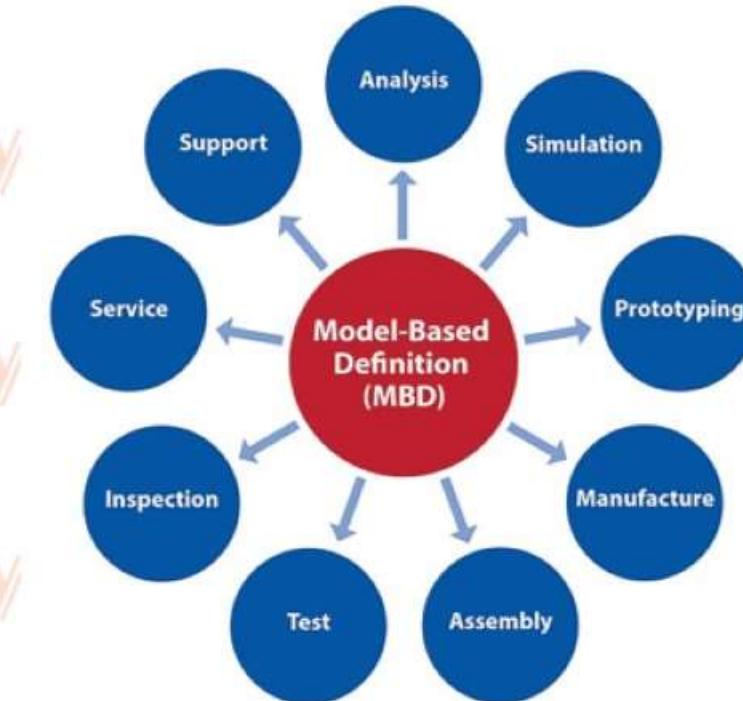
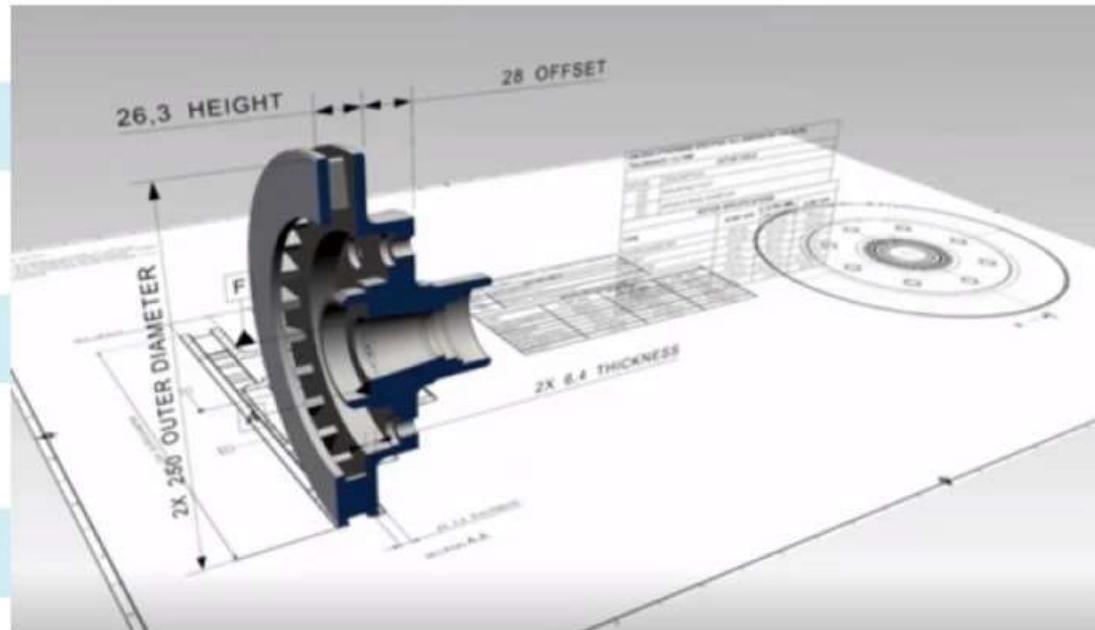


Novas Normas ISO GD&T na Prática. Do Projeto ao Chão de Fábrica.

Mitutoyo

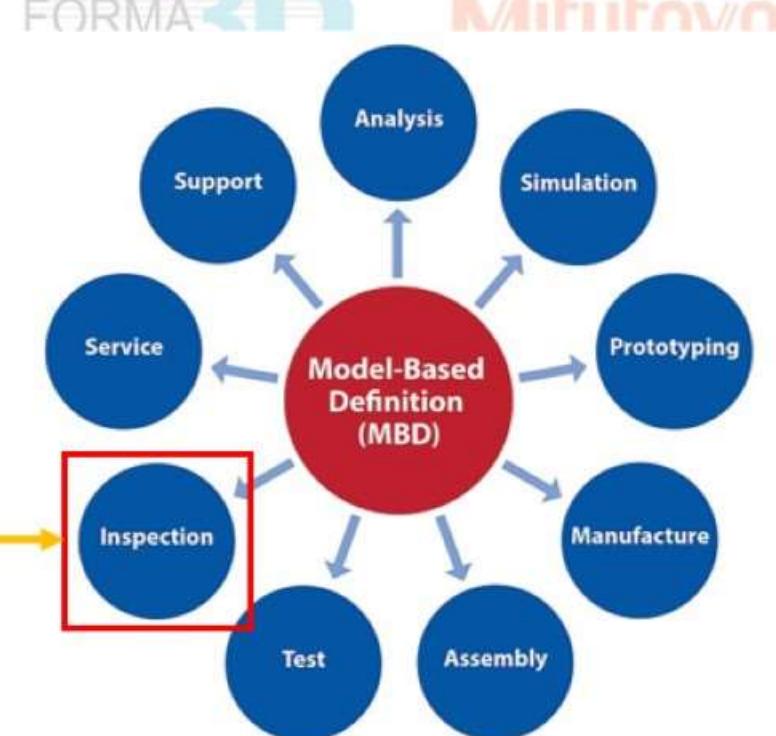
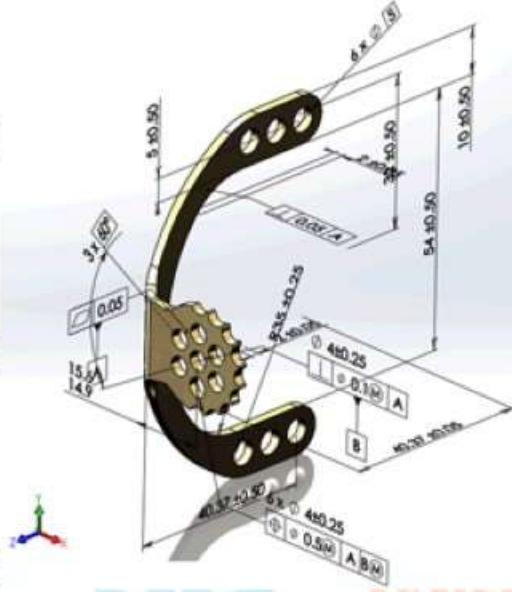
# Model Based Definition - MBD

Todas as informações necessárias para desenvolver, prototipar, produzir e medir um produto têm que estar reunidas num único arquivo CAD 3D.



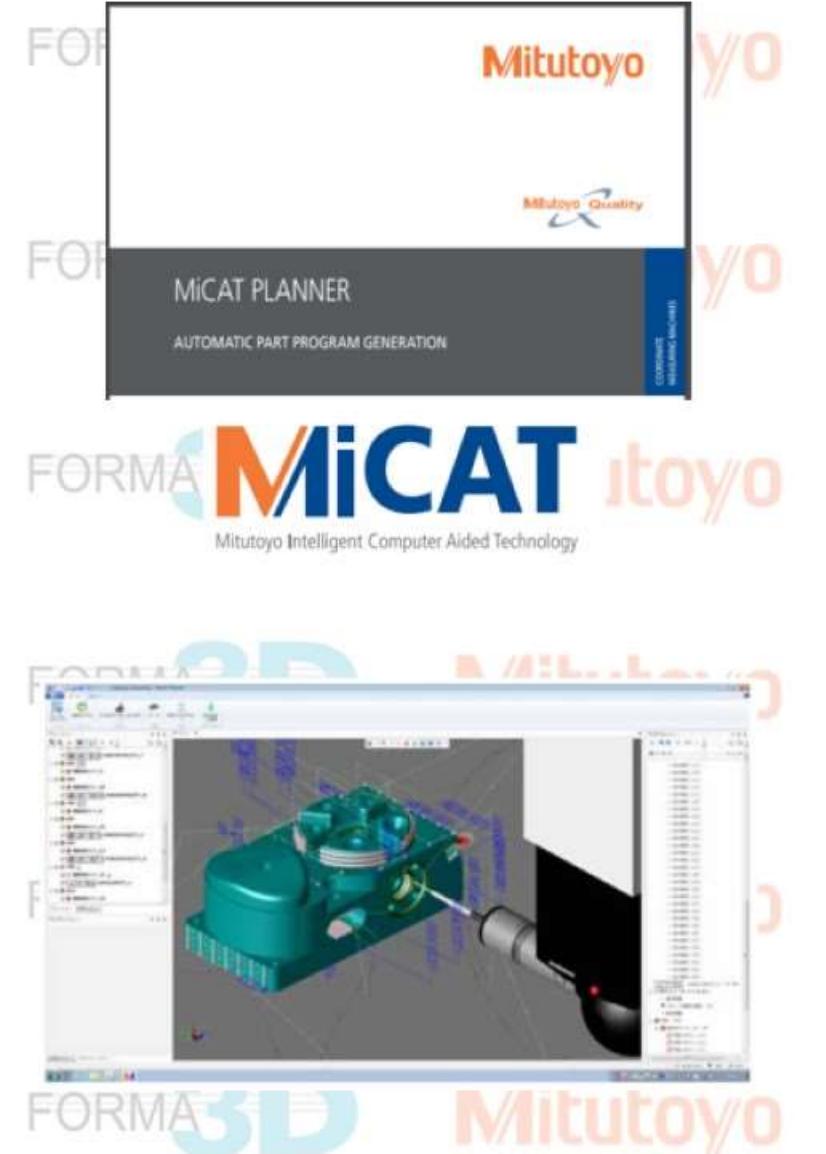
# Model Based Definition - MBD

Todas as tolerâncias são declaradas no modelo 3D.



Ex:

CATIA – FTA – Functional Tolerancing and Annotations



## 5. Revisões recentes de importantes normas ISO/GPS

Norma ISO 14405: 2016 – Tolerâncias dimensionais

Norma ISO1101: 2017 – Tolerâncias Geométricas

Norma ISO/GPS1660: 2017 – Tolerâncias de Perfil

Norma ISO/GPS 5458: 2018 – Conjuntos e especificação geométrica combinada



Novas possibilidades para a engenharia em termos de especificação  
Novas necessidades para a metrologia para atender certas especificações

Novas Normas ISO GD&T na Prática. Do Projeto ao Chão de Fábrica.

Mitutoyo

## 6. Norma ISO 14405: 2016 – Tolerâncias dimensionais

FORMA  
3D

Mitutoyo

FORMA  
3D

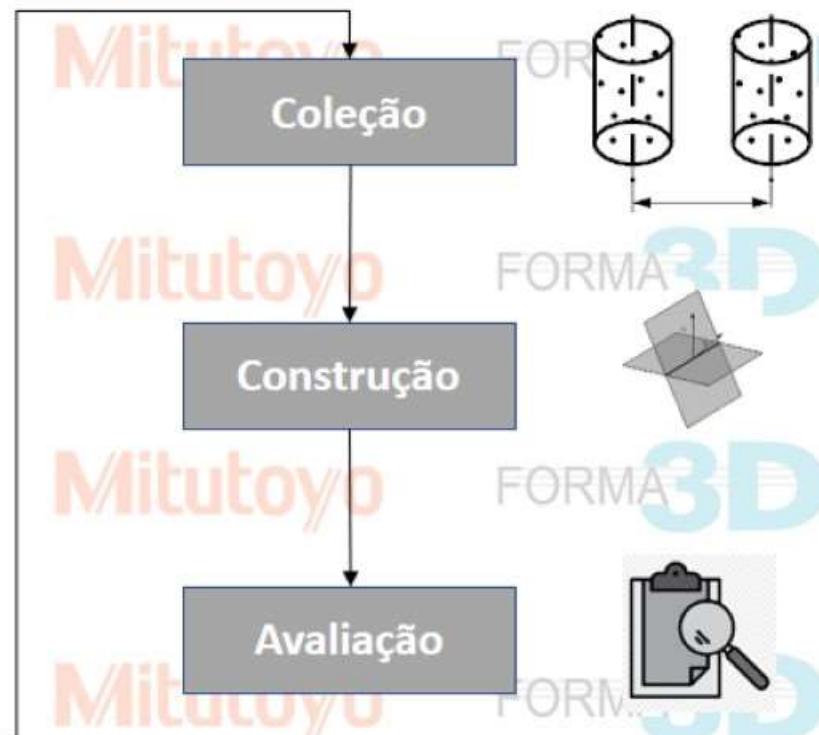
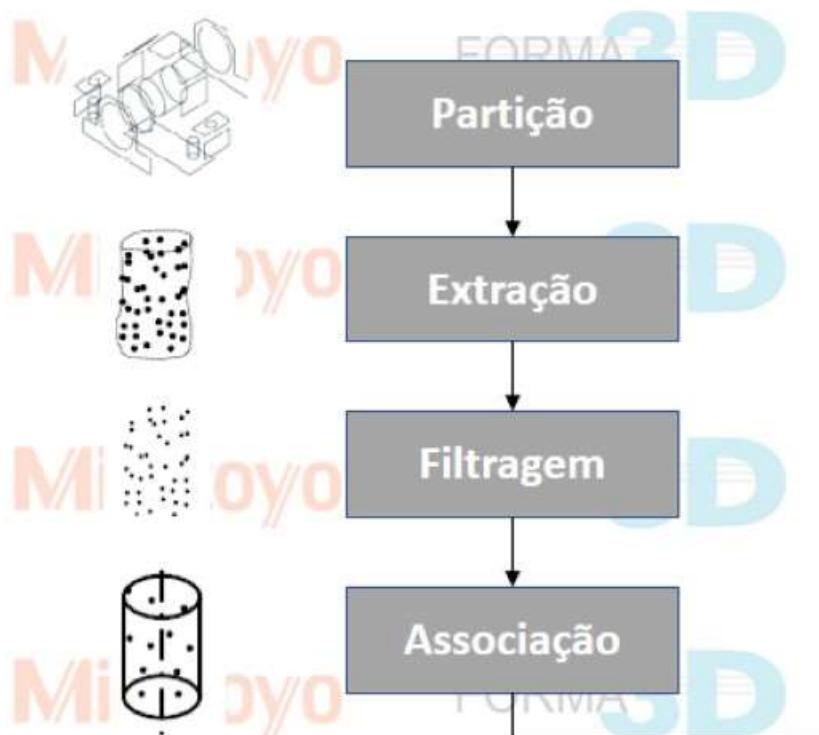
Mitutoyo

FORMA  
3D

Mitutoyo

### MODELOS GEOMÉTRICOS NA VERIFICAÇÃO DIMENSIONAL

O ciclo da 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. Eles ocorrem tanto na especificação como na medição, como apresentado a seguir.



FORMA  
3D

Novas Normas ISO GD&T na Prática. Do Projeto ao Chão de Fábrica.

Mitutoyo

## Círculo de referência para análise de resultados de circularidade

FORMA  
**3D**

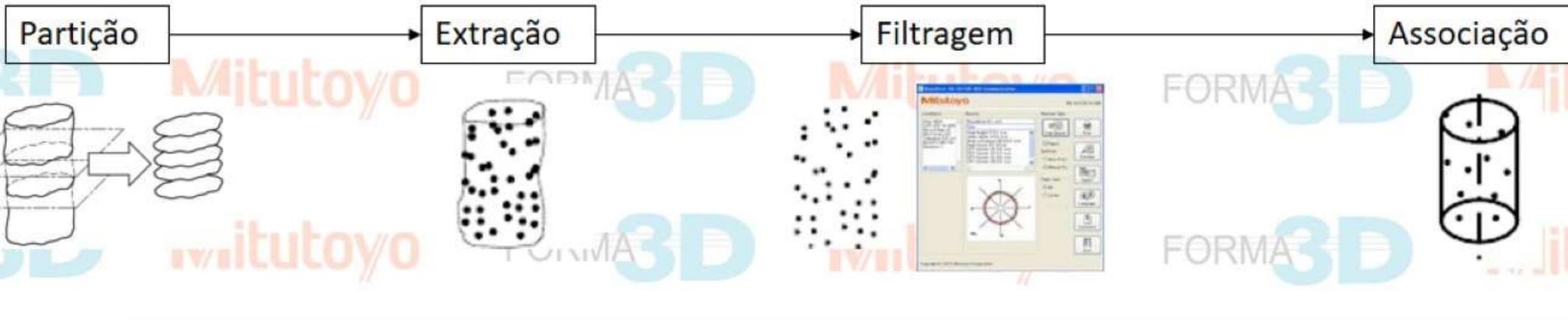
Mitutoyo

FORMA  
**3D**

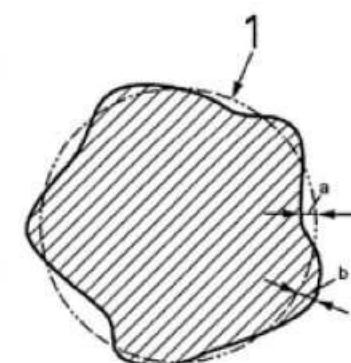
Mitutoyo

FORMA  
**3D**

Mitutoyo



Avaliação  
Evaluation



FORMA  
**3D**

Mitutoyo

FORMA  
**3D**

Mitutoyo

FORMA  
**3D**

Mitutoyo

FORMA  
**3D**

Novas Normas ISO GD&T na Prática. Do Projeto ao Chão de Fábrica.

Mitutoyo

A norma ISO14405 estabelece as representações padrão e especiais para tamanhos lineares formados por elementos cilíndricos ou por duas superfícies paralelas opostas.

INTERNATIONAL  
STANDARD

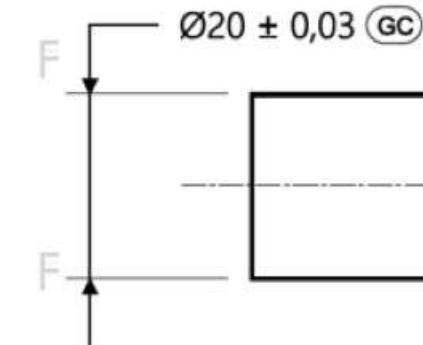
ISO  
14405-1

Geometrical product specifications  
(GPS) — Dimensional tolerancing —  
Part 1:  
Linear sizes

Spécifications géométriques des produits (SGPS) — Tolérances dimensionnelles —  
Partie 1 : Tailles linéaires



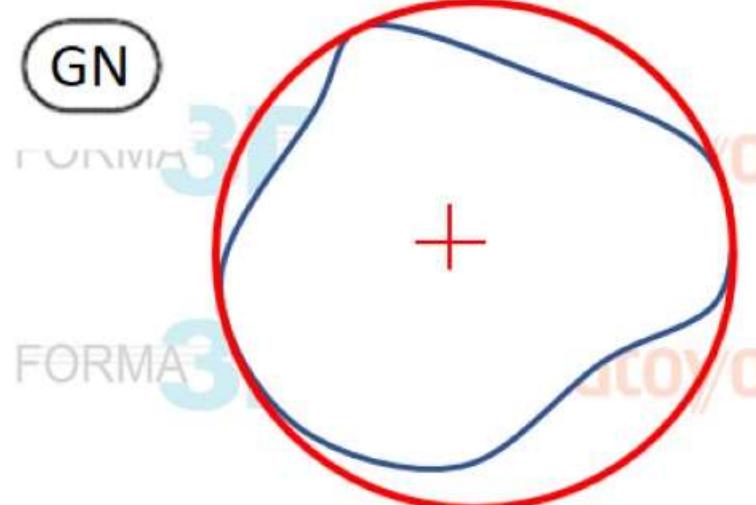
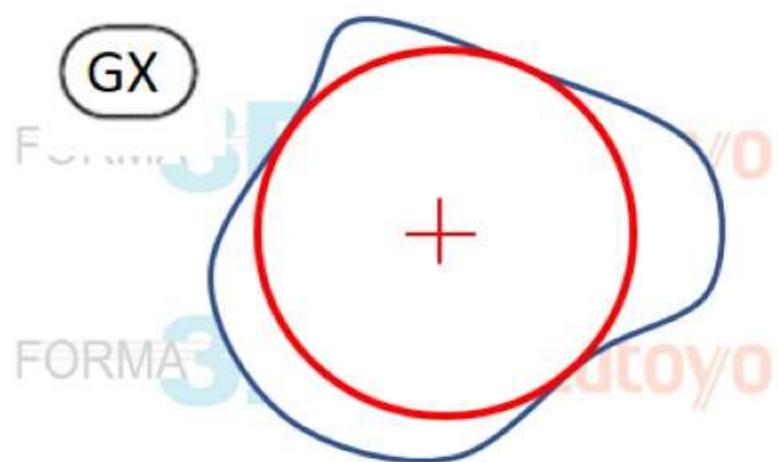
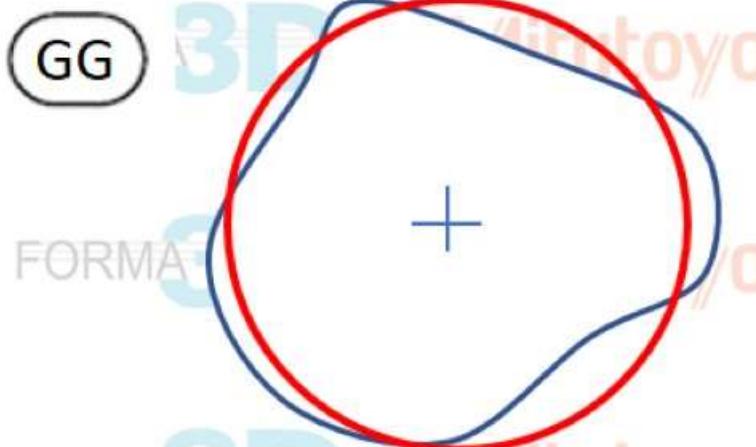
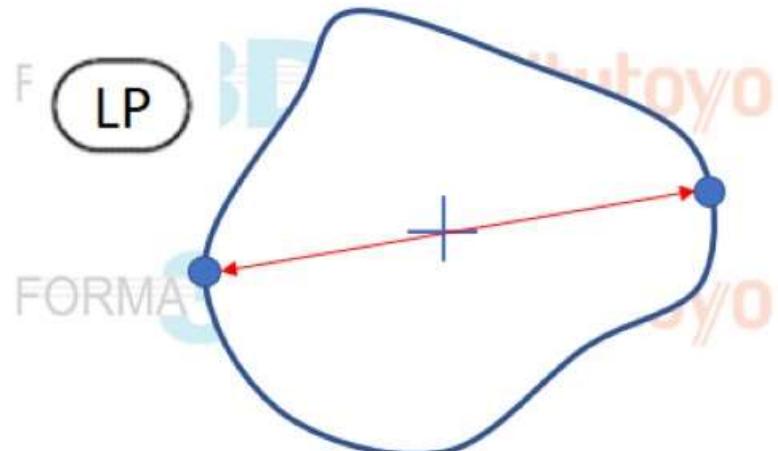
Modifier	Description
LP	Two-point size
LS	Local size defined by a sphere
GG	Least-squares association criterion
GX	Maximum inscribed association criterion
GN	Minimum circumscribed association criterion
GC	Minimax (Chebyshev) association criterion
CC	Circumference diameter (calculated size)
CA	Area diameter (calculated size)
CV	Volume diameter (calculated size)
SX	Maximum size
SN	Minimum size
SA	Average size
SM	Median size
SD	Mid-range size
SR	Range of sizes
SQ	Standard deviation of sizes



EXEMPLOS

FORMA  
**3D**

Mitutoyo



FORMA  
**3D**

Novas Normas ISO GD&T na Prática. Do Projeto ao Chão de Fábrica.

**Mitutoyo**

**AJUSTE GAUSSIANO**

**Elemento Cilindro**

**Tipo de construção:** Cilindro

**Nome:** Cilindro

**Memória:** 2

**Nº de pontos:** 6

**Botões:** Ok, Cancelar, Ajuda

**MCOSMOS v5**  
CMM DATA PROCESSING SOFTWARE

**CILINDRO (2) [CE]**  
D 20.058  
d 0.020

**Zona tolerância:** 0.025  
**Tol. Sup.:** 0.014  
**Tol. Inf.:** -0.011

**Atual Raio:** 10.029  
**Min. dist.:** -0.009  
**Máx. dist.:** 0.011

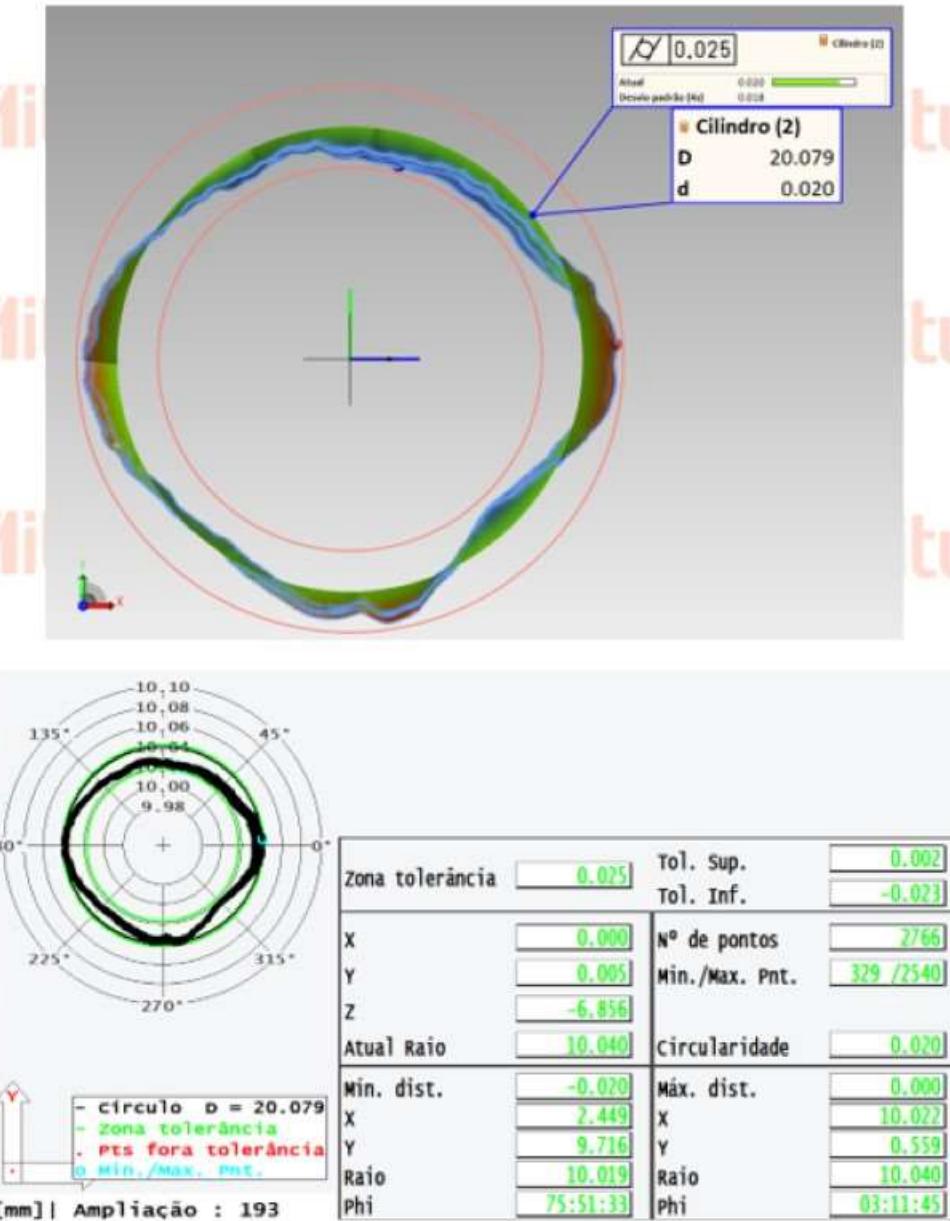
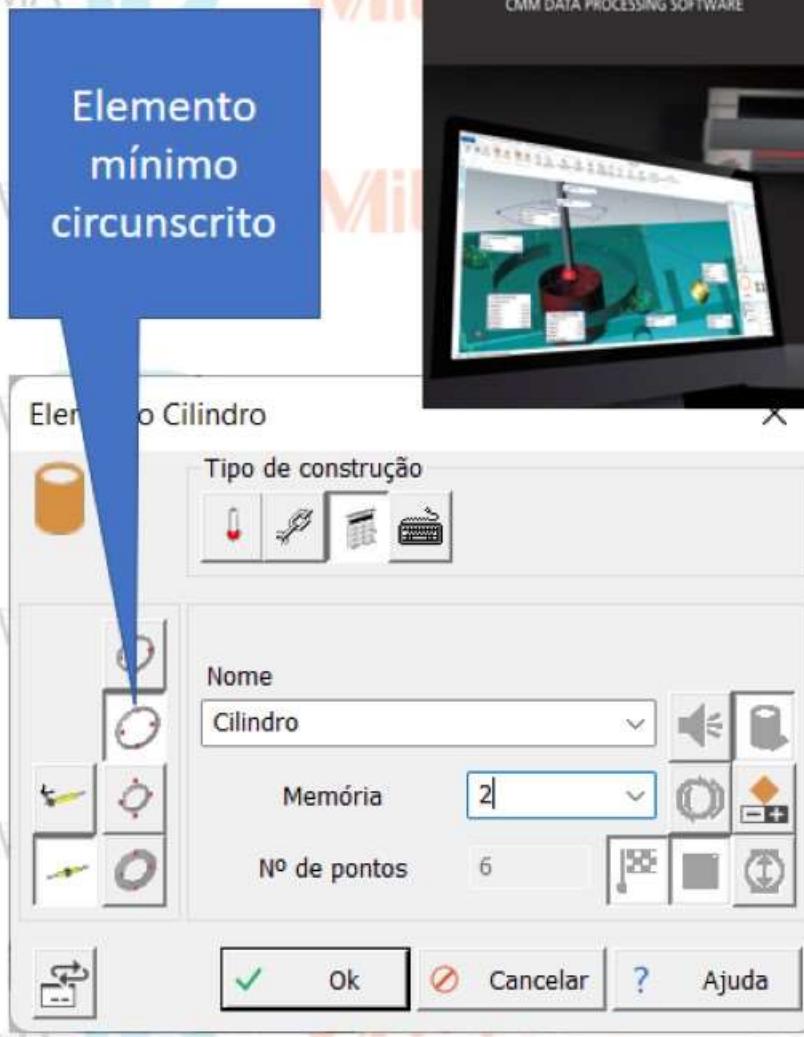
**Nº de pontos:** 2766  
**Min./Max. Pnt.:** 171 / 2541  
**Desv. Padr. \* 4:** 0.018  
**Circularidade:** 0.020

**Raio:** 10.020  
**X:** 6.760  
**Y:** -7.396  
**Z:** -6.856

**Phi:** 312:25:34  
**Phi:** 04:02:16

**Ampliação:** 383

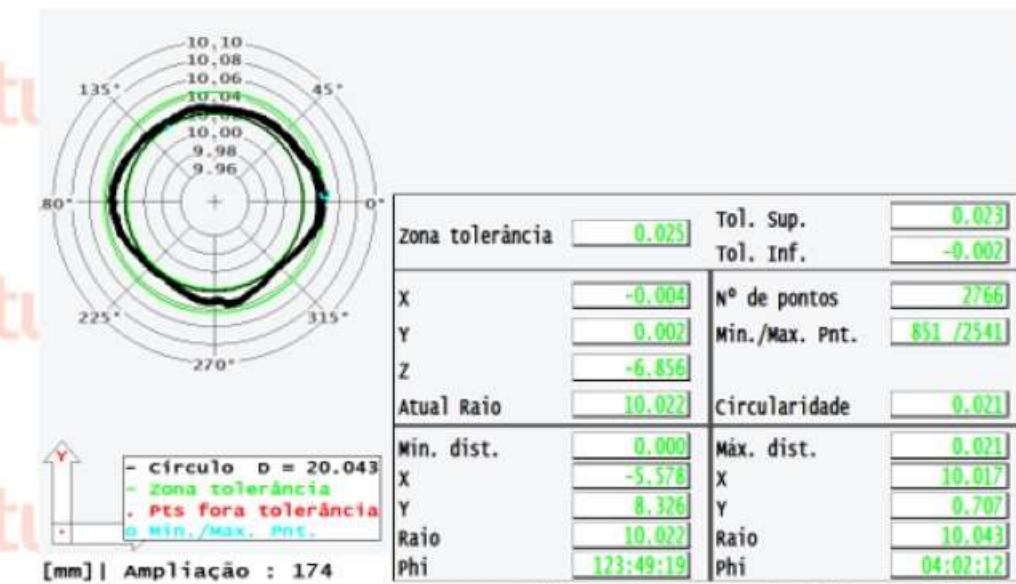
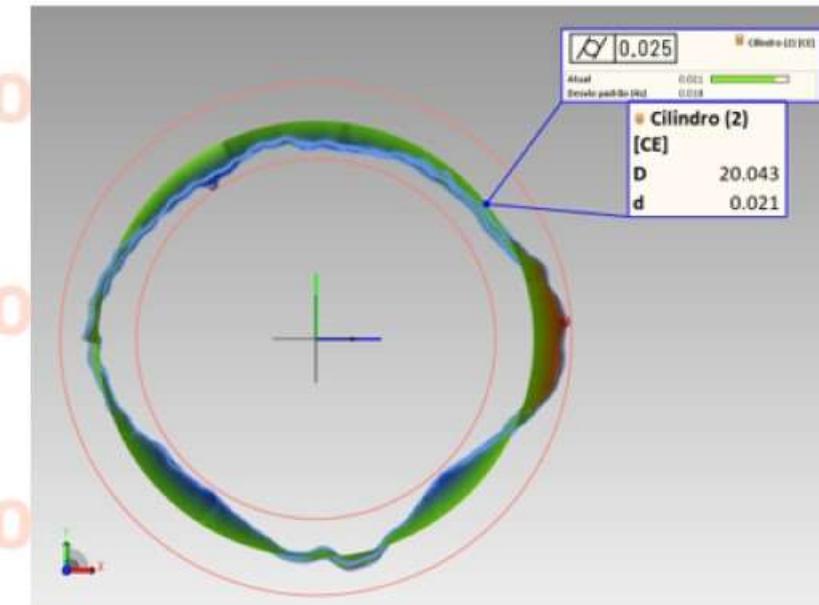
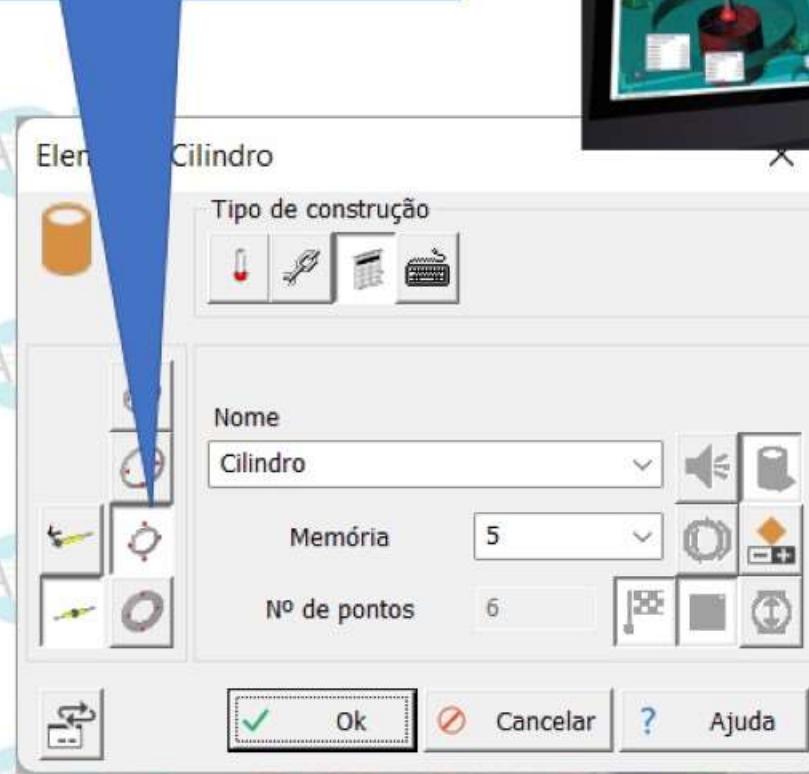
**Novas Normas ISO GD&T na Prática. Do Projeto ao Chão de Fábrica.**



Novas Normas ISO GD&T na Prática. Do Projeto ao Chão de Fábrica.

**Mitutoyo**

Elemento máximo inscrito

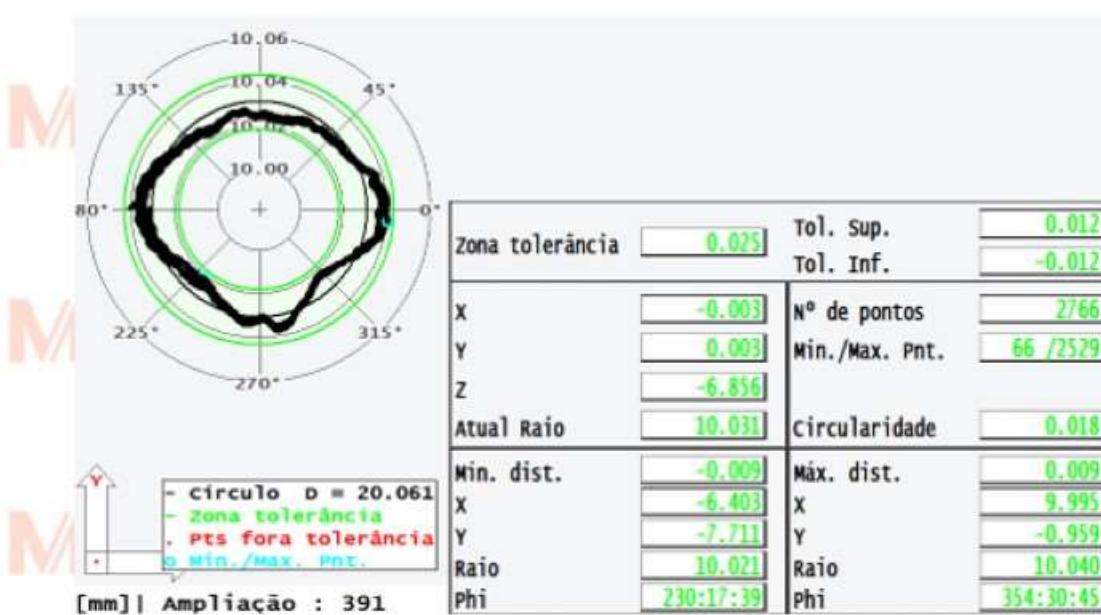
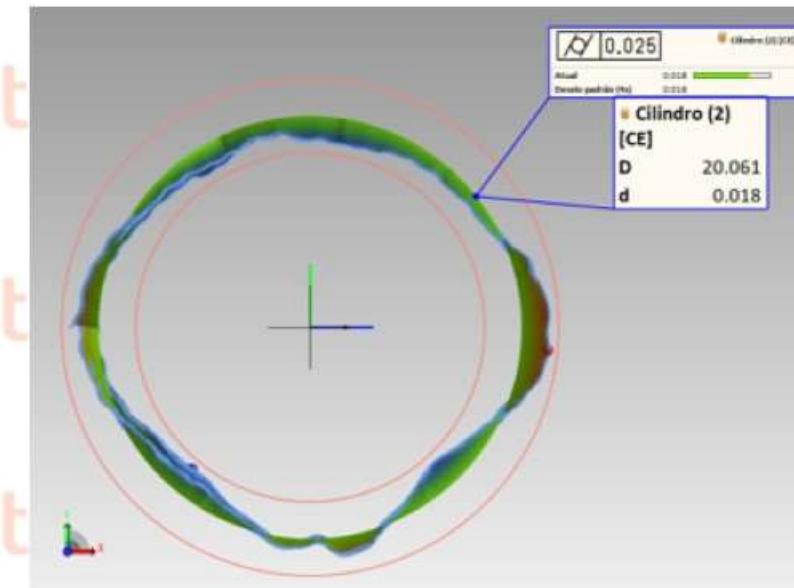
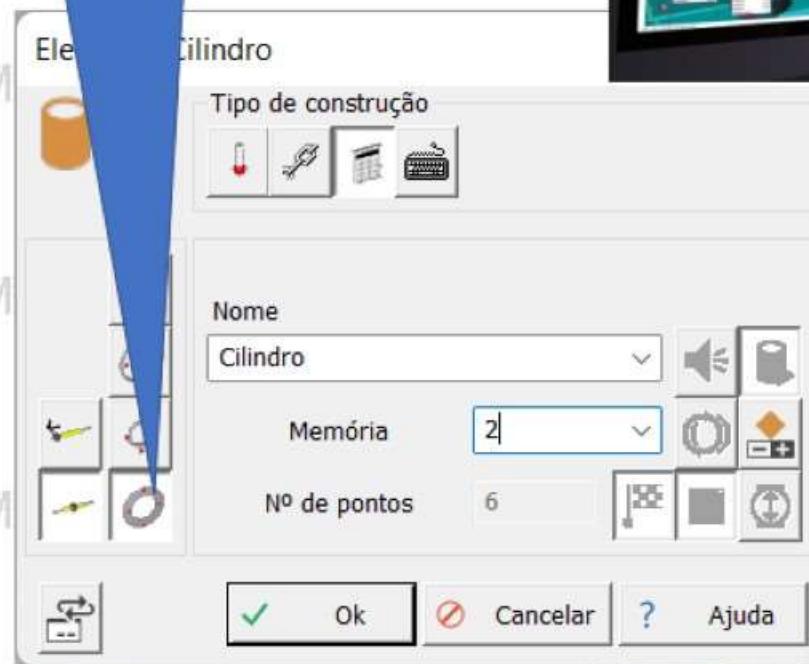


Novas Normas ISO GD&T na Prática. Do Projeto ao Chão de Fábrica.

Mitutoyo

FORMA  
3D

Ajuste por  
Zona mínima



Novas Normas ISO GD&T na Prática. Do Projeto ao Chão de Fábrica.

Mitutoyo

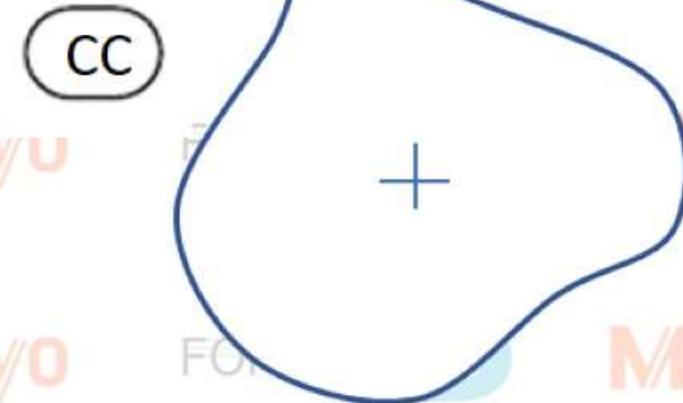
EXEMPLO

FORMA  
3D



O modificador de diâmetro de circunferência (CC) é mais apropriado na especificação de tampas plásticas (que podem flexionar, mas não esticar) que servem como tampas apertadas em copos mais rígidos.

Se apenas o diâmetro inscrito pudesse ser especificado (GX na nova simbologia), a verificação desta tolerância faria com que muitas peças funcionais fossem rejeitadas, já que estariam com diâmetro errado mesmo com a circunferência correta estivesse.

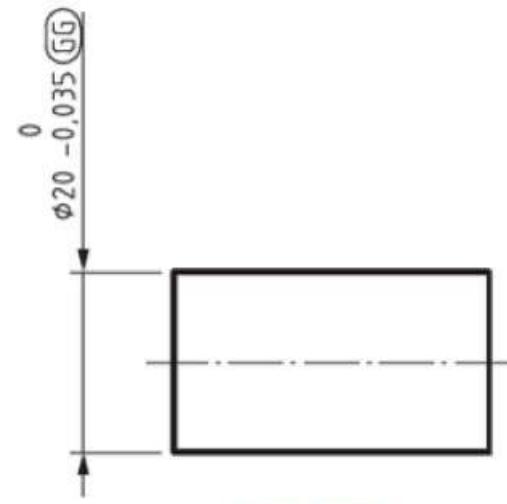


Diâmetro calculado a partir da medição do perímetro do círculo.

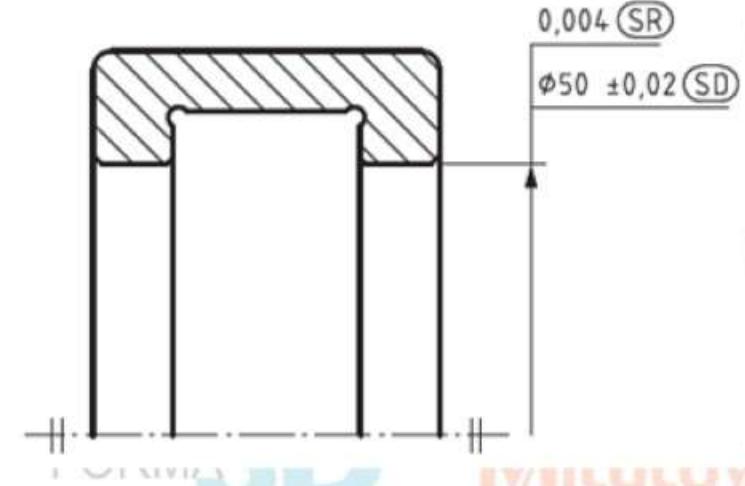
$$\text{Perímetro} = \pi * D$$

Os novos modificadores permitem comunicar o método de associação geométrica e avaliação da tolerância dimensional

Eliminação de ambiguidades e especificação da forma mais apropriada para inspecionar a tolerância.



O cilindro obtido pelo método de associação Mínimos Quadrados deve ter o diâmetro entre 19,965 e 20,000 mm.



Todos os tamanhos a partir de 2 pontos devem ser medidos e, a partir deles, deve ser determinado o valor central entre o máximo e o mínimo. Este valor deve estar entre  $50 \pm 0,02$  mm.

A diferença entre os tamanhos máximo e mínimo deve estar abaixo de 0,004 mm.

## 7. Norma ISO1101: 2017 – Tolerâncias Geométricas

Alguns dos símbolos novos na ISO 1101:2017

Especificações associadas à ZT: CZ, SZ, UZ, OZ, VA

Tipo de associação para o elemento tolerado:  $\textcircled{C}$   $\textcircled{G}$   $\textcircled{N}$   $\textcircled{T}$   $\textcircled{X}$

Método de referência da associação: C, CE, CI, G, GE, GI, N, X

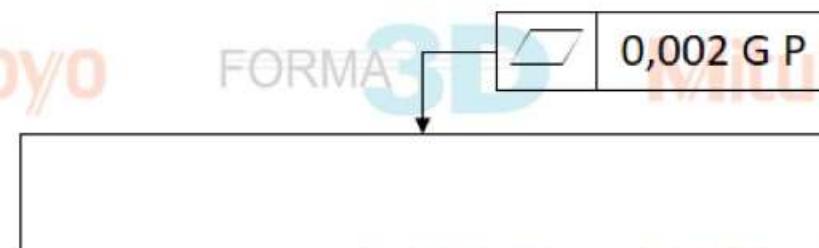
Especificação do parâmetro: T, P, V, Q

Especificação do tipo de filtro: G, S, SW, CW, RG, RS, OB, OH, OD, CB, CH, CD, AB, AH, AD, F, H

Permitem declarar objetivamente o modo de avaliar a peça

O que avaliar

Como avaliar

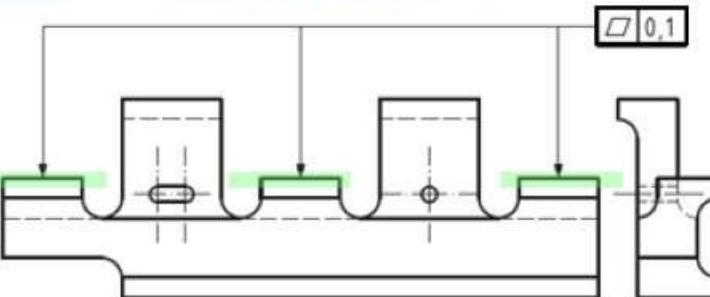


## 7.1 Sobre a zona de tolerância

FORMA  
**3D**

Mitutoyo

FORMA  
**3D**



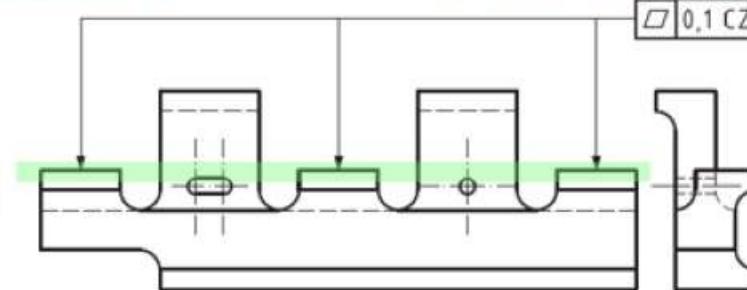
FORMA  
**3D**

Mitutoyo

FORMA  
**3D**

Mitutoyo

FORMA  
**3D**



FORMA  
**3D**

Mitutoyo

FORMA  
**3D**

Três tolerâncias de planeza separadas.

Mitutoyo

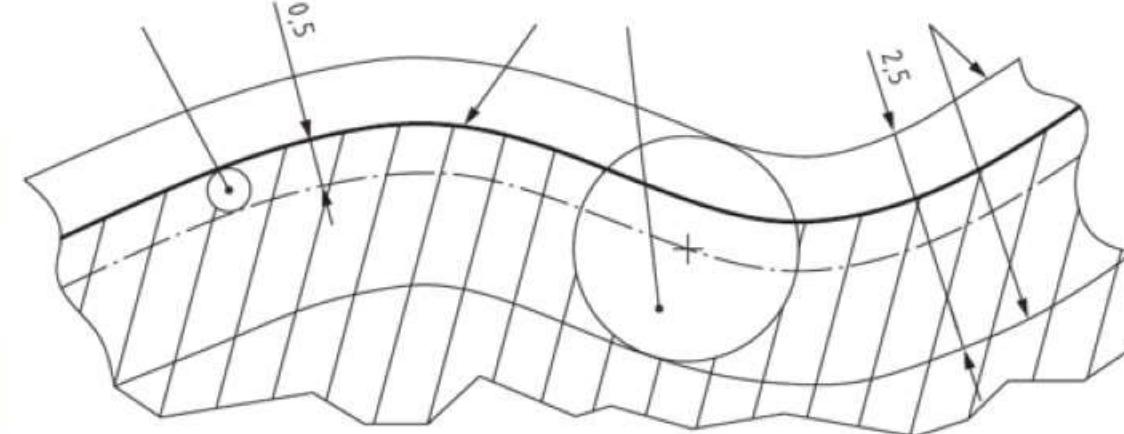
FORMA  
**3D**

Uma única tolerância de planeza combinada

FORMA  
**3D**

UF

2,5 UZ-0,5



FORMA  
**3D**

utoyo

FORMA  
**3D**

utoyo

FORMA  
**3D**

utoyo

Offset da ZT

Dimensão da ZT: 2,5 mm

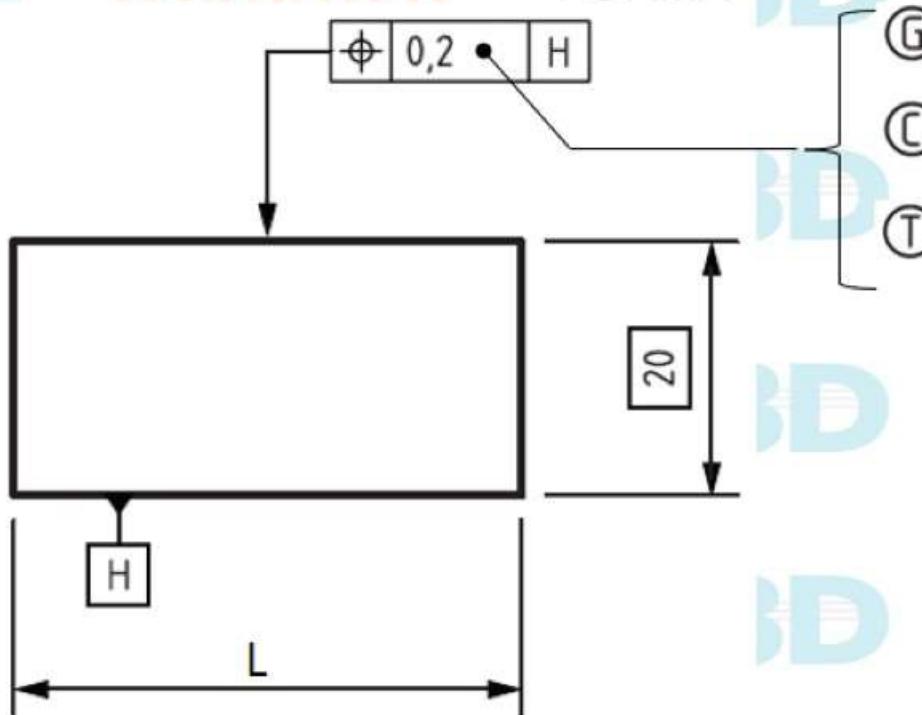
+ : externo ao material  
- : interno ao material

FORMA  
**3D**

Novas Normas ISO GD&T na Prática. Do Projeto ao Chão de Fábrica.

Mitutoyo

## 7.2 Tipo de associação do elemento tolerado



Elemento Gaussiano

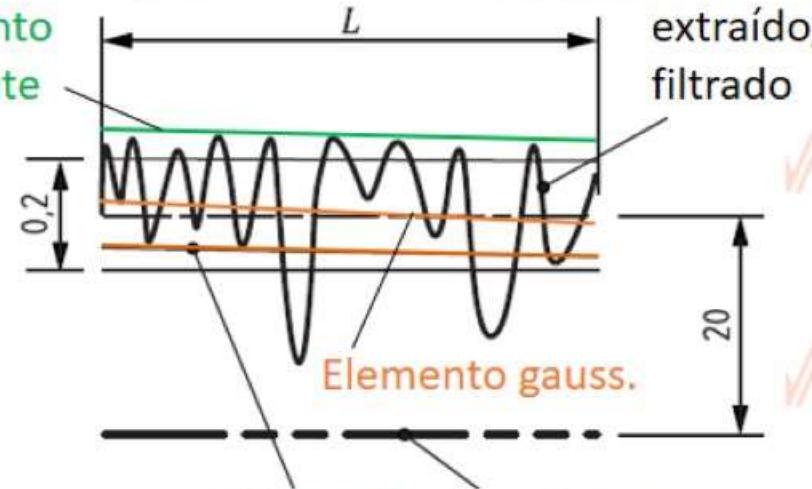
Elemento Minimax

Elemento tangente externo

Mitutoyo

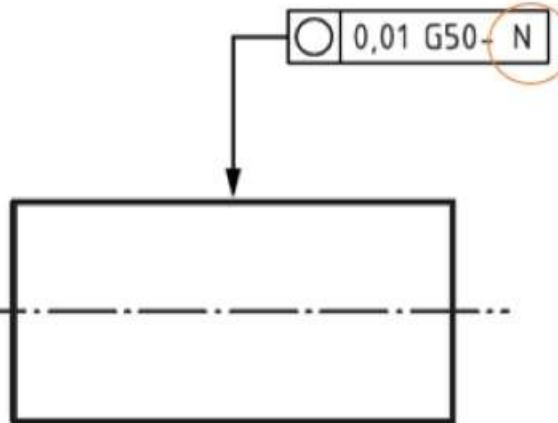
Elemento tangente

Mi



Elemento Minimax  
Referência H

### 7.3 Método de referência da associação para medição de forma



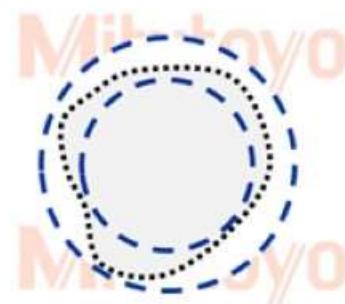
- C: minimax (Chebyshev)
- G: mínimos quadrados (gaussiano)
- N: mínimo circunscrito
- X: máximo inscrito



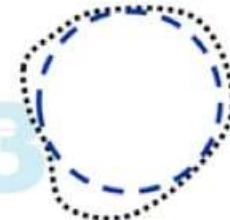
Mínimos Quadrados



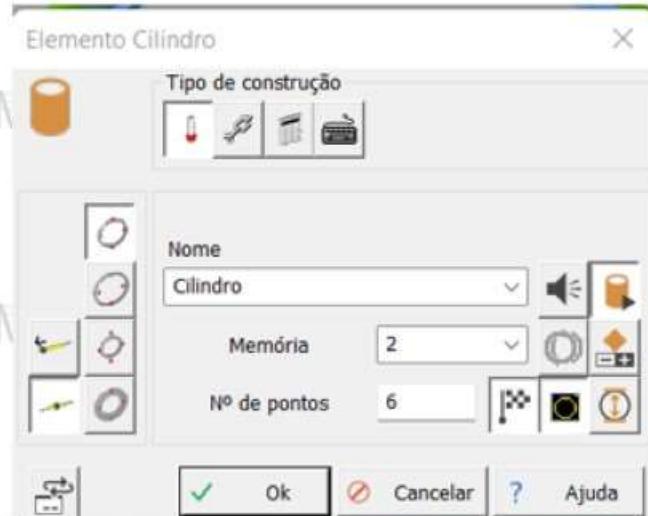
Zona Mínima



Máximo Inscrito



Mínimo Circunscrito



## 7.4 Especificação de parâmetro de avaliação

- Default: avaliação pela faixa total dos desvios (pico-vale)

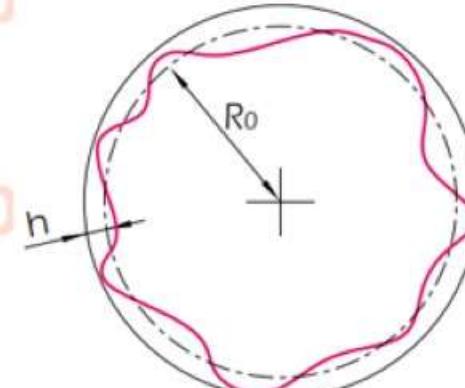
- Símbolos:

T: faixa total

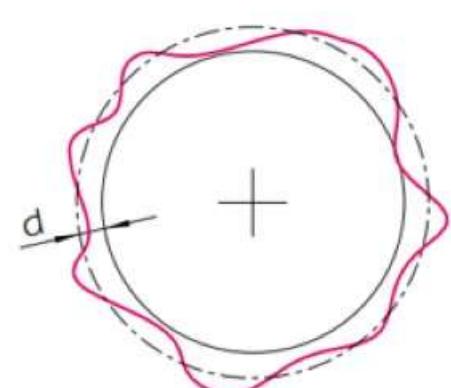
V: altura de vale

P: altura de pico

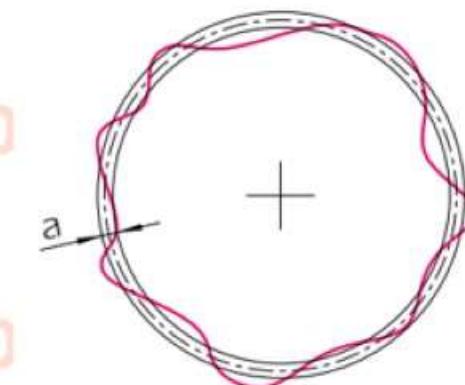
Q: média quadrática dos resíduos



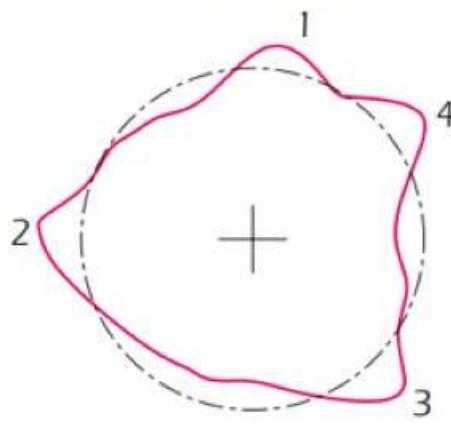
**Peak height**



**Valley depth**



**Mean roundness**



**Peak count**

## PLANO DE REFERÊNCIA POR MÍNIMOS QUADRADOS (GAUSSIANO)

FORMA 3D

Superfície real

FORMA 3D

Mitutoyo

FORMA 3D

Mitutoyo

FORMA

3D

Pontos apalpados

FORMA 3D

Mitutoyo

FORMA 3D

Mitutoyo

FORMA 3D

Mitutoyo

Plano de referência  
ajustado por mínimos  
quadrados (plano “médio”)

FORMA 3D

Mitutoyo

FORMA 3D

Mitutoyo

FORMA 3D

Mitutoyo

Planeza pico-vale = Máximo – Mínimo (em relação ao plano de referência)

FORMA 3D

Mitutoyo

FORMA 3D

Mitutoyo

FORMA 3D

Mitutoyo

Obs) Método default na maioria dos software de medição por coordenadas

FORMA 3D

Novas Normas ISO GD&T na Prática. Do Projeto ao Chão de Fábrica.

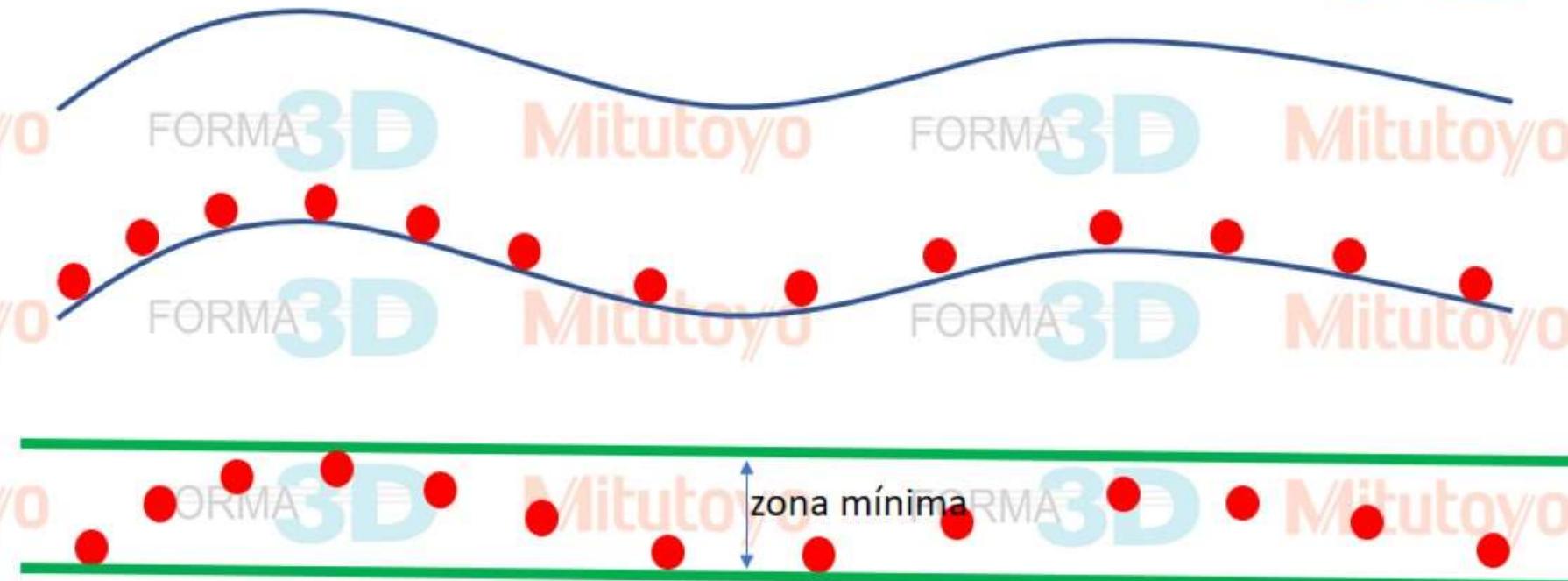
Mitutoyo

## PLANOS DE REFERÊNCIA POR ZONA MÍNIMA (CHEBYSCHEV)

Superfície real

Pontos apalpados

Dois planos paralelos com a menor distância possível entre si são construídos de modo a enquadrar nessa zona mínima todos os pontos apalpados



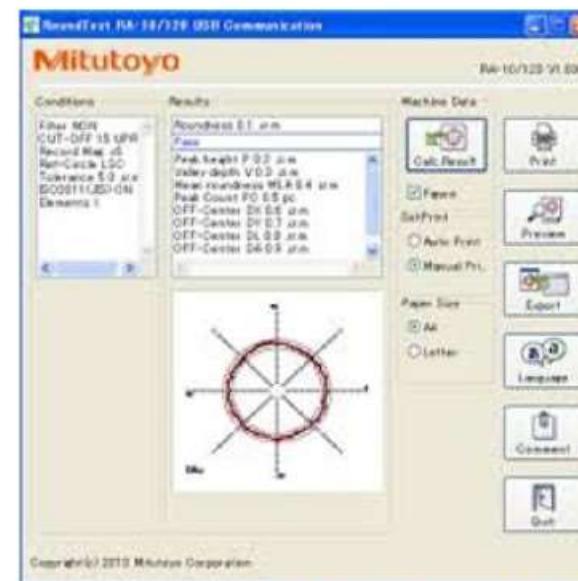
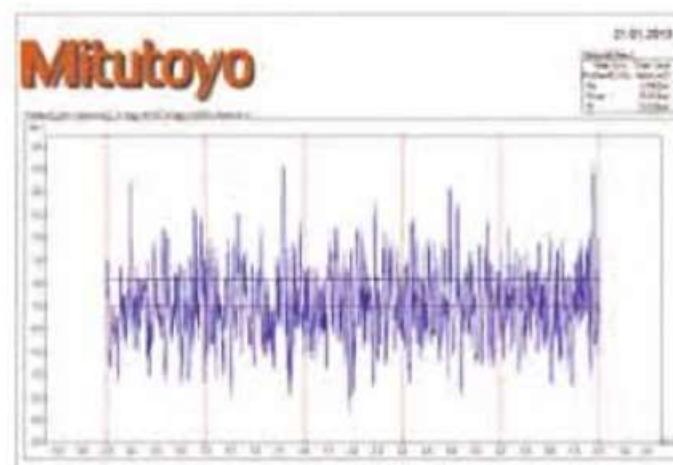
Planeza pico-vale = Distância entre os dois planos (Tamanho da zona mínima)

Obs) Método recomendado pela norma ISO12781 para a planeza pico-vale

## 7.5 Símbolos de indicação de filtragem: Tipos e índices de filtro

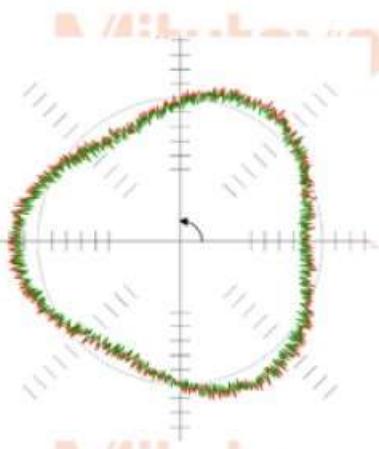
Filtragem

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



- ISO 1101 2017 fornece meios para indicação não ambígua de filtragem para avaliação de requisitos geométricos

FORMA  
**3D**



FORMA  
**3D**

FORMA  
**3D**

FORMA  
**3D**

FORMA  
**3D**

FORMA  
**3D**

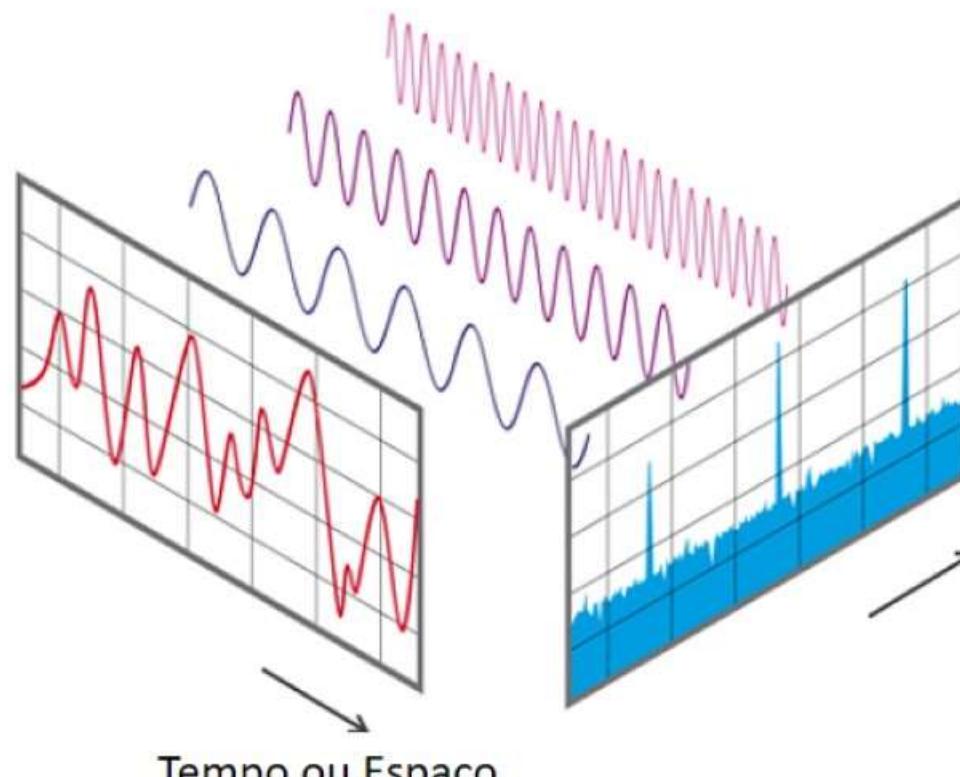
FORMA  
**3D**

FORMA  
**2D**

Mitutoyo

FORMA  
**2D**

Análise por espectro de frequência permite diferenciar mais claramente diversas harmônicas superpostas em um sinal.



FORMA  
**3D**

Mitutoyo

FORMA  
**3D**

Mitutoyo

Novas Normas ISO GD&T na Prática. Do Projeto ao Chão de Fábrica.

Mitutoyo

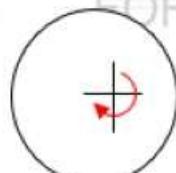
FORMA  
**3D**

Mitutoyo

A análise harmônica permite identificar a causa do erro de forma.

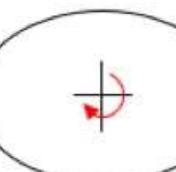


FORMA  
**3D**



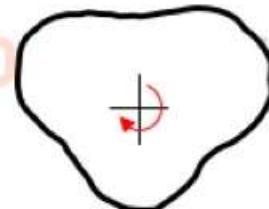
Excentricidade

FORMA  
**3D**



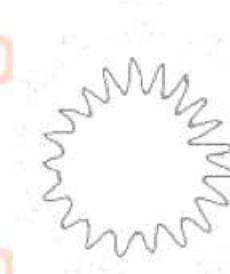
Ovalização

FORMA  
**3D**



Erro  
Trilobular

FORMA  
**3D**



Erro de alta  
frequência

FORMA  
**3D**

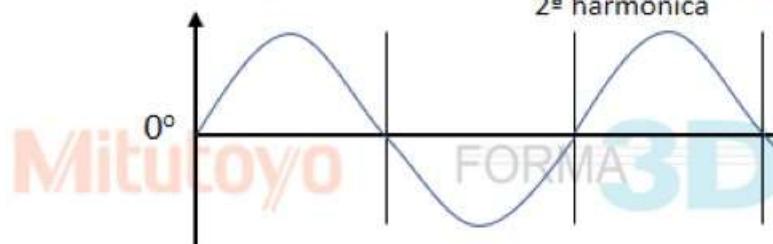
FORMA  
**3D**

Mitutoyo

1ª harmônica

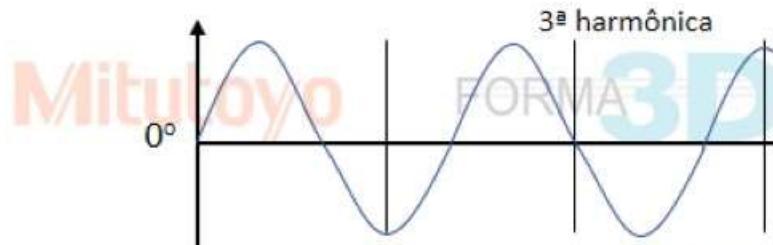


FORMA  
**3D**



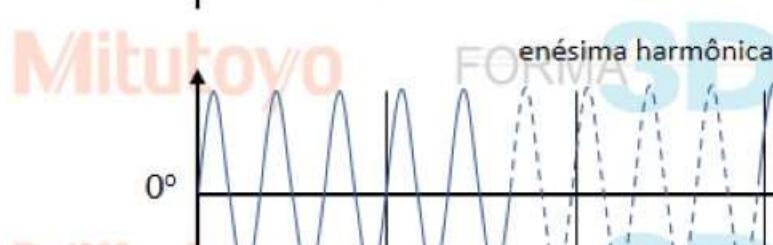
2ª harmônica

FORMA  
**3D**



3ª harmônica

FORMA  
**3D**



enésima harmônica

FORMA  
**3D**



Mitutoyo

FORMA  
**3D**

360°

Mitutoyo

FORMA  
**3D**

360°

Mitutoyo

FORMA  
**3D**

360°

Mitutoyo

FORMA  
**3D**

360°

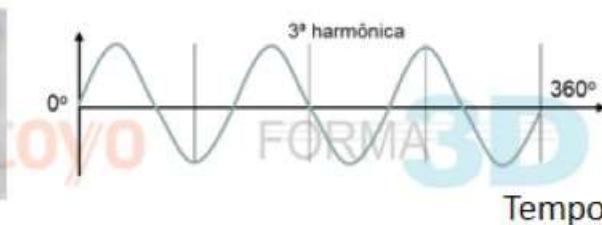
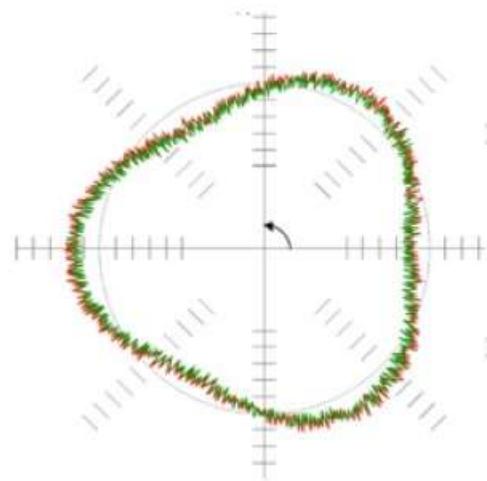
Mitutoyo

FORMA  
**3D**

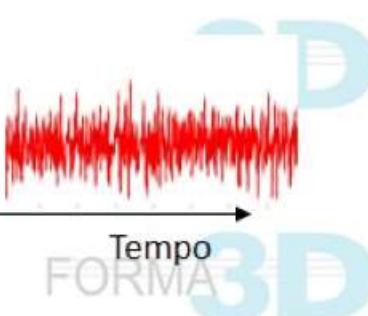
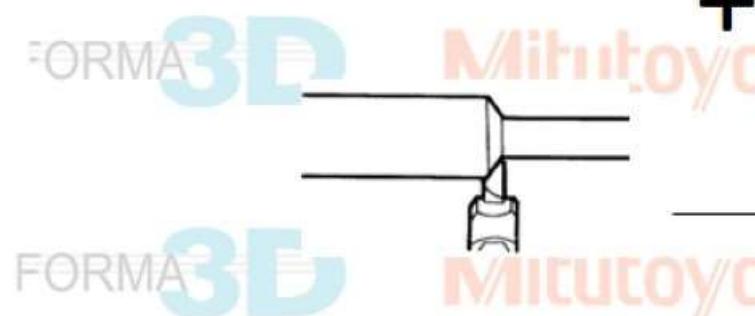
Novas Normas ISO GD&T na Prática. Do Projeto ao Chão de Fábrica.

Mitutoyo

Erro trilobular misturado com erro de alta frequência

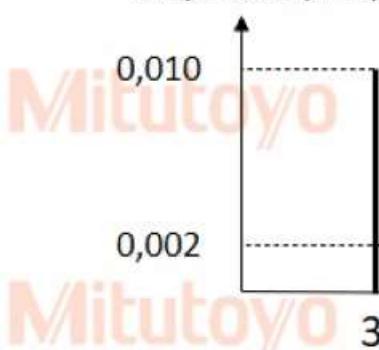


## Representação no domínio do espaço



Tempo  
FORMA 3D

Amplitude (mm)

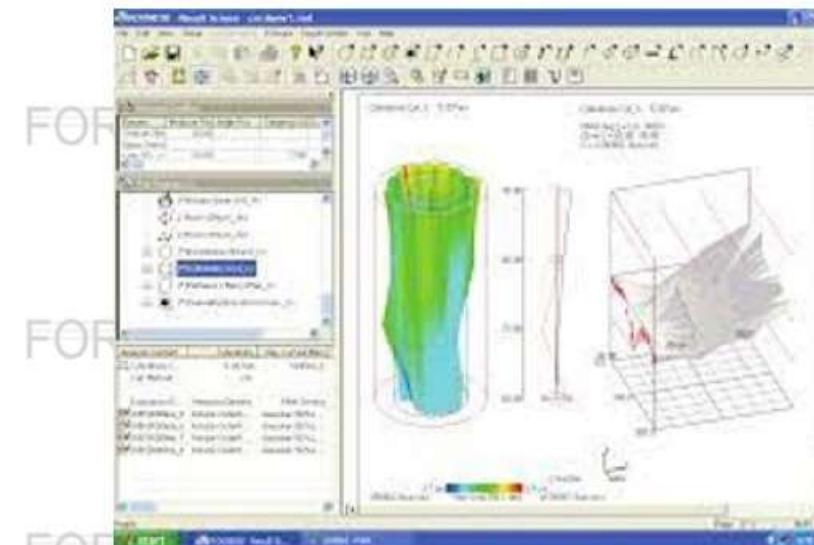


Representação no domínio da frequência

Frequência  
(Ondulações por volta

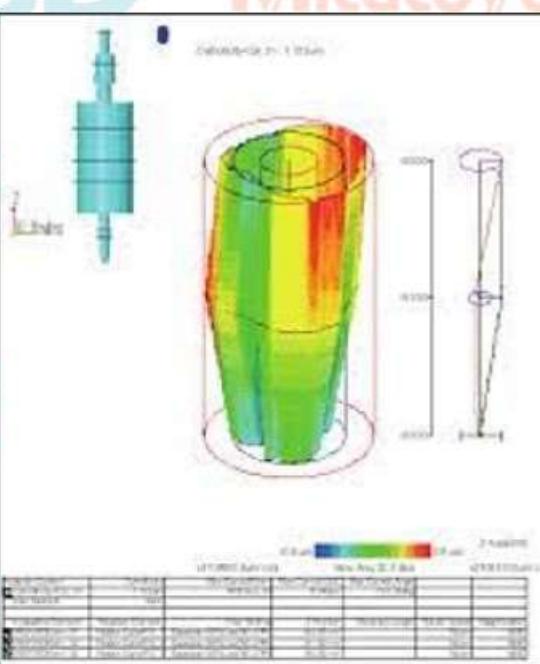
Novas Normas ISO GD&T na Prática. Do Projeto ao Chão de Fábrica.

Mitutoyo



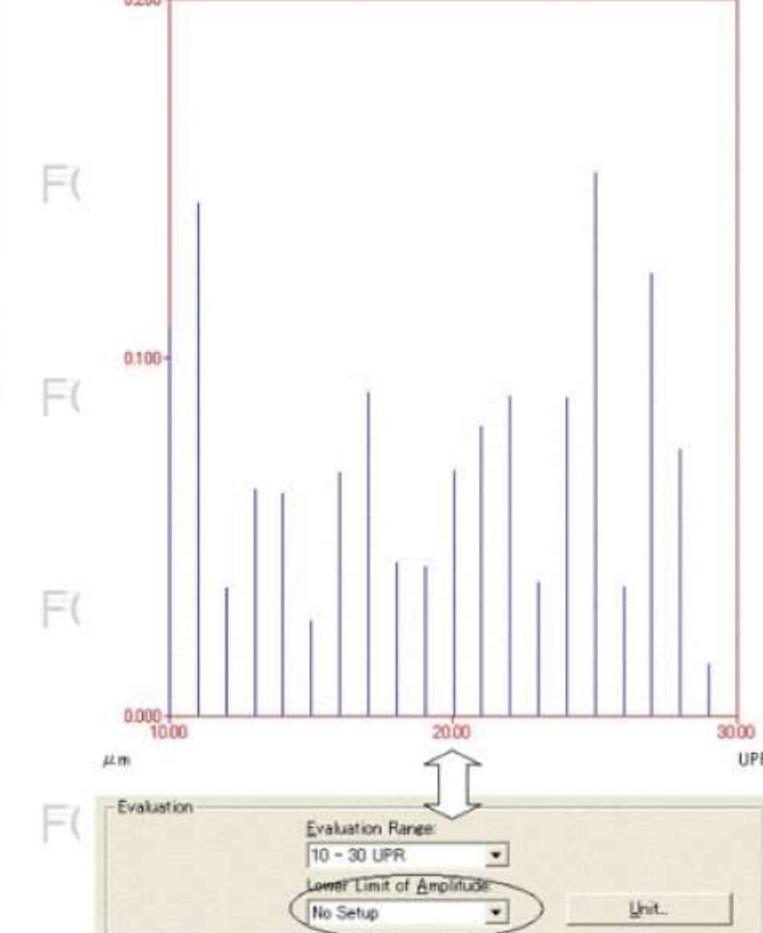
FORMA  
2D

Mitutoyo



FORMA  
3D

Mitutoyo

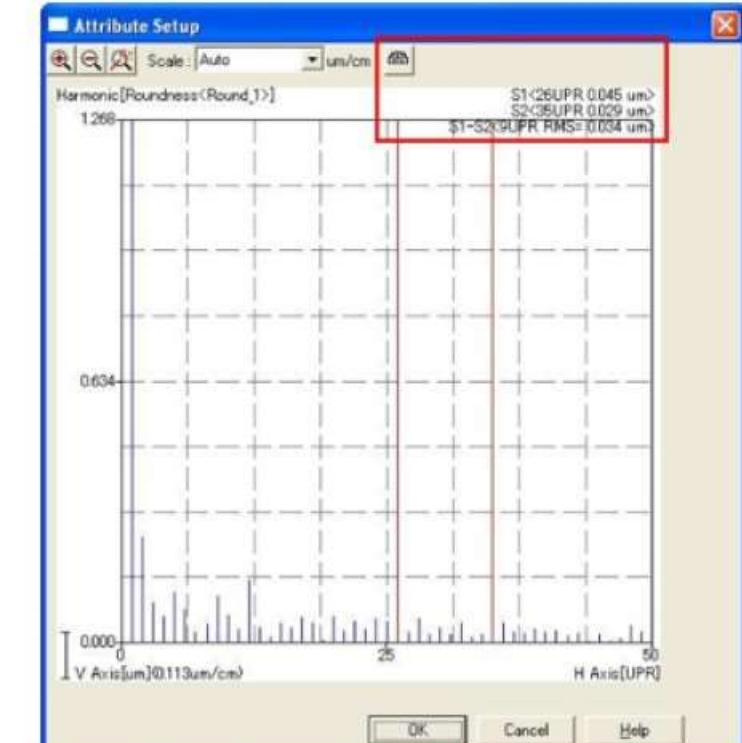


FORMA  
3D

Mitutoyo

FORMA  
3D

Mitutoyo



FORMA  
3D

Mitutoyo

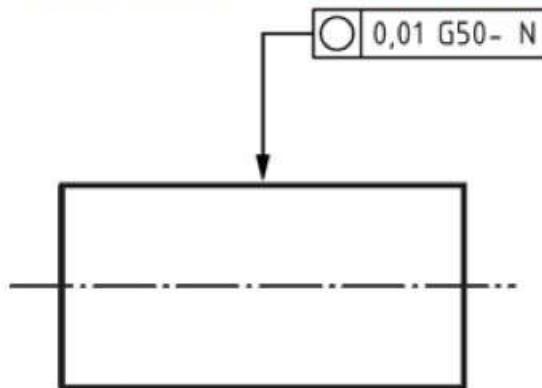
FORMA  
3D

Novas Normas ISO GD&T na Prática. Do Projeto ao Chão de Fábrica.

Mitutoyo

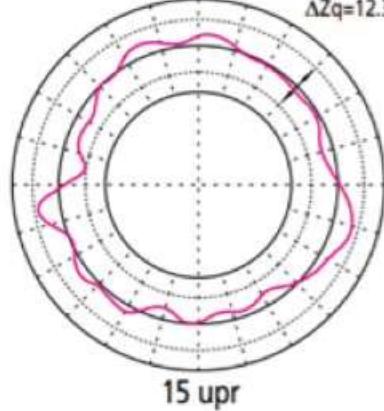
FORMA  
**3D**

Mitutoyo



FORMA  
**3D**

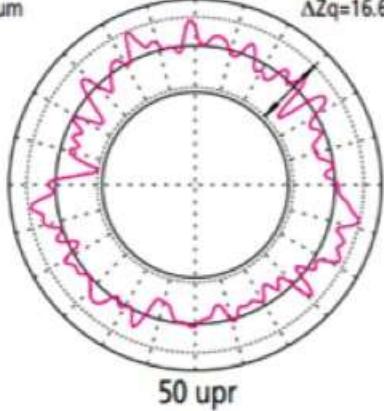
Mitutoyo



15 upr

FORMA  
**3D**

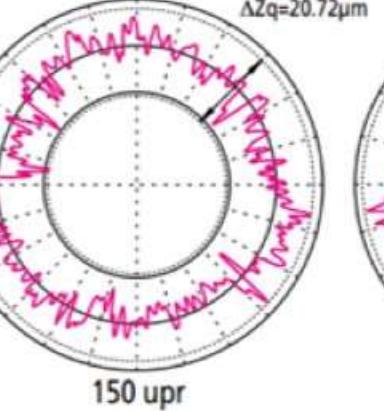
Mitutoyo



50 upr

FORMA  
**3D**

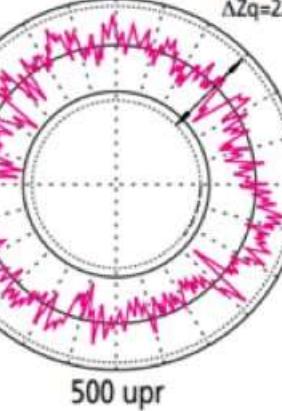
Mitutoyo



150 upr

FORMA  
**3D**

Mitutoyo



500 upr



- ZT circularidade de 0,01 mm;
- Pontos filtrados com filtro Gaussiano passa-baixa, 50 UPR;
- Parâmetro de referência de associação: mínimo circunscrito

FORMA  
**3D**

Mitutoyo

FORMA  
**3D**

A  
**3D**

Mitutoyo

FORMA  
**3D**

Mitutoyo

A  
**3D**

Mitutoyo

FORMA  
**3D**

Mitutoyo

FORMA  
**3D**

A  
**3D**

Mitutoyo

FORMA  
**3D**

Novas Normas ISO GD&T na Prática. Do Projeto ao Chão de Fábrica.

Mitutoyo

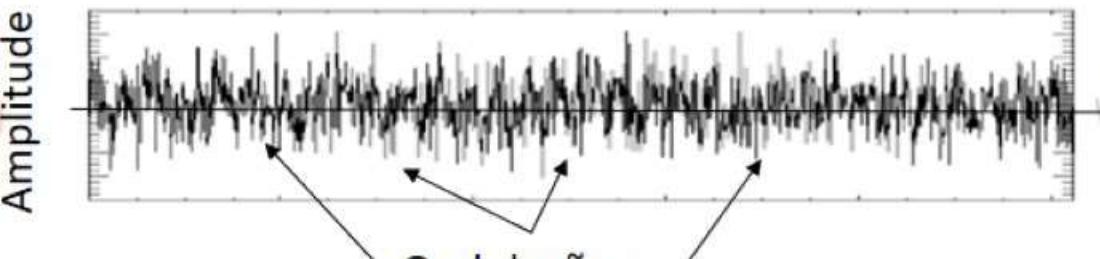
Filtros para contornos abertos



Em contornos abertos esta análise também é muito importante



Dados coletados



Representação no domínio do espaço

Representação no domínio da frequência



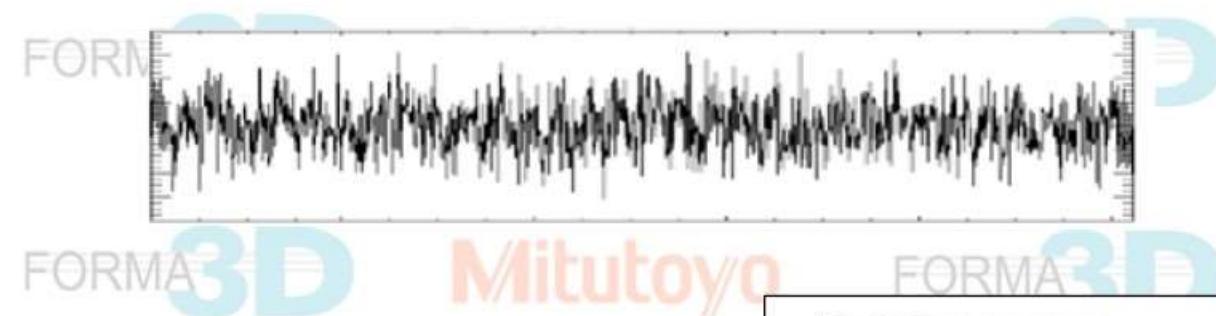
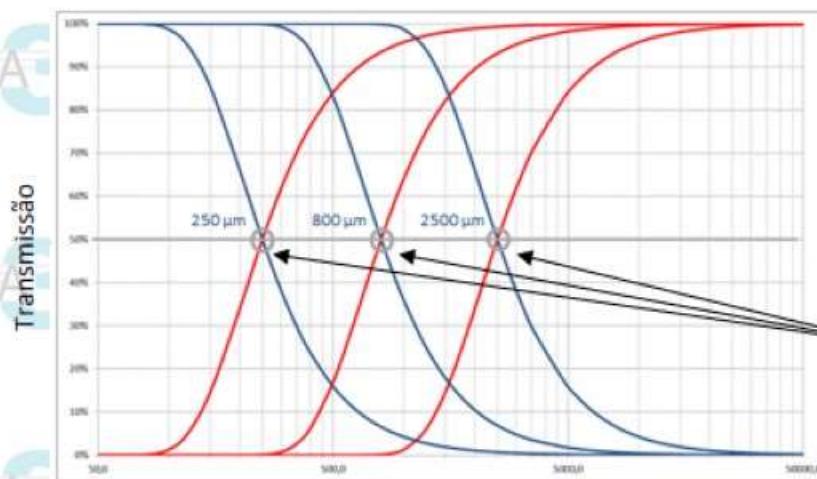
FORMA  
**3D**



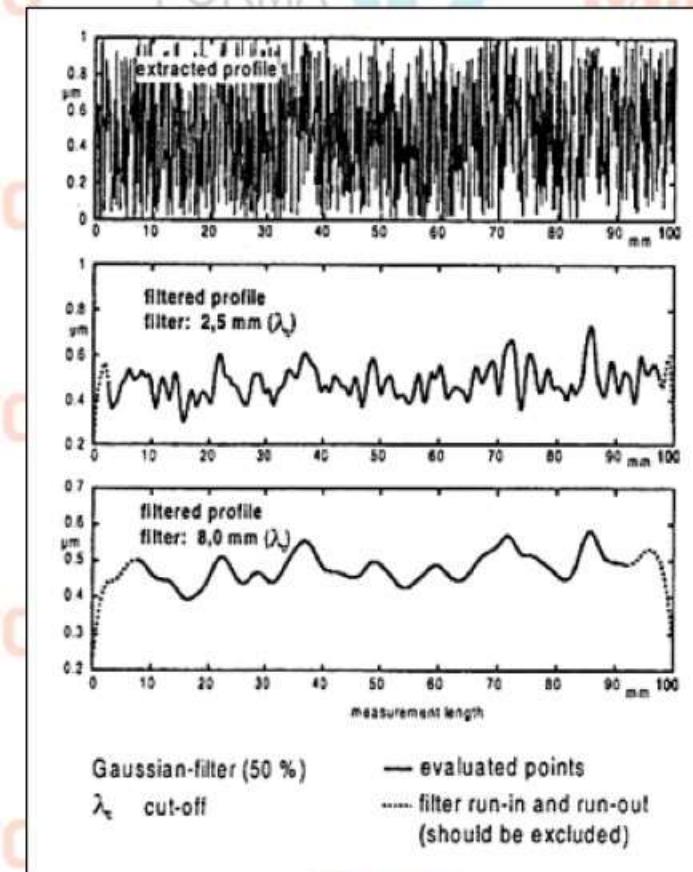
FORMA  
**3D**

FORMA  
**3D** Mitutoyo

### Contornos abertos



FORMA  
**3D** Mitutoyo



FORMA  
**3D** Mitutoyo

FORMA  
**3D** Mitutoyo

FORMA  
**3D**

Novas Normas ISO GD&T na Prática. Do Projeto ao Chão de Fábrica.

Mitutoyo

Mitutoyo

Mitutoyo

Mitutoyo

Mitutoyo

Mitutoyo

Mitutoyo

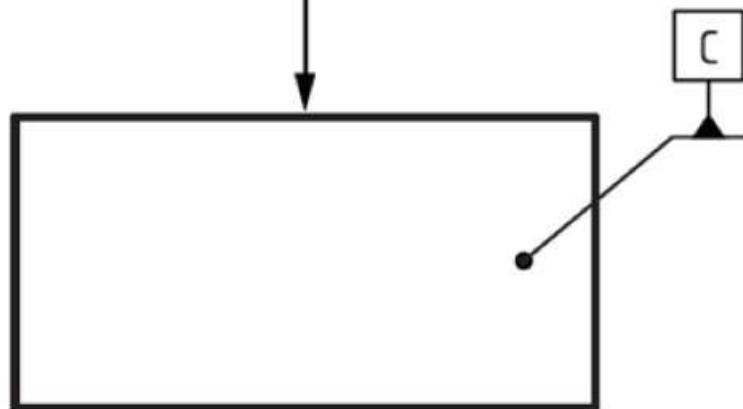
Filtros para contornos abertos

FORMA  
**3D**

Mitutoyo

FORMA  
**3D**

0,4 G0,25-8 // C



- Tolerância de retitude de 0,4 mm;
- Pontos filtrados com filtro Gaussiano passa-faixa, de 0,25 a 8 mm;
- Linhas extraídas paralelamente à referência C;
- Parâmetro de referência de associação: minmax ("default")



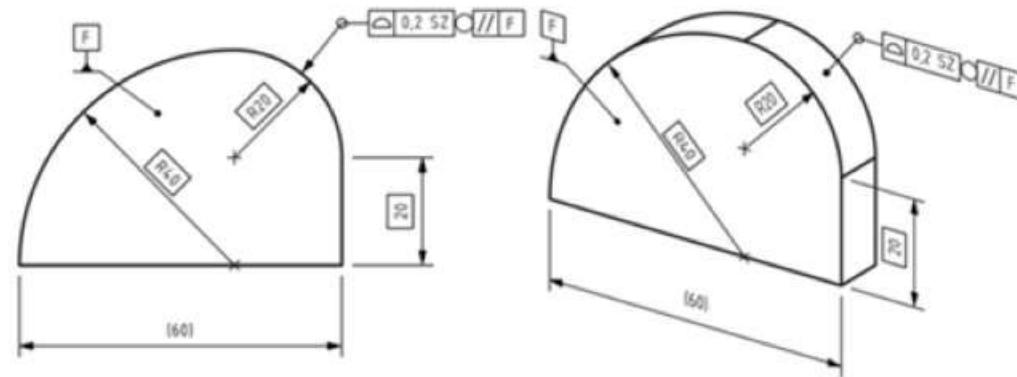
FORMA  
**3D**

Novas Normas ISO GD&T na Prática. Do Projeto ao Chão de Fábrica.

Mitutoyo

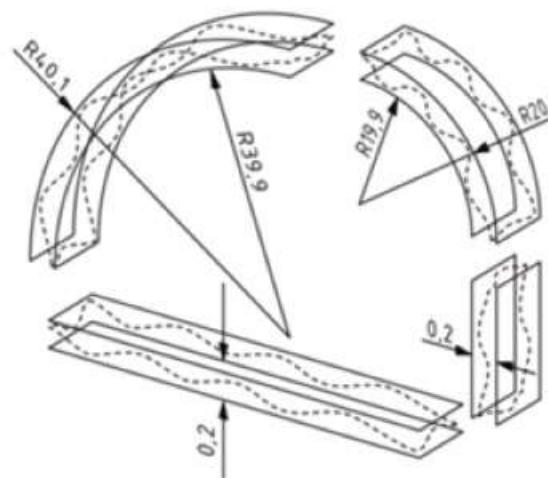
## 8. Norma ISO/GPS 1660-2017 – Tolerâncias de Perfil

Traz as definições acerca de tolerâncias de perfil de linha e de superfície.



### Zonas de Tolerância Separadas - SZ

A tolerância de perfil se aplica a cada segmento do contorno de modo independente.



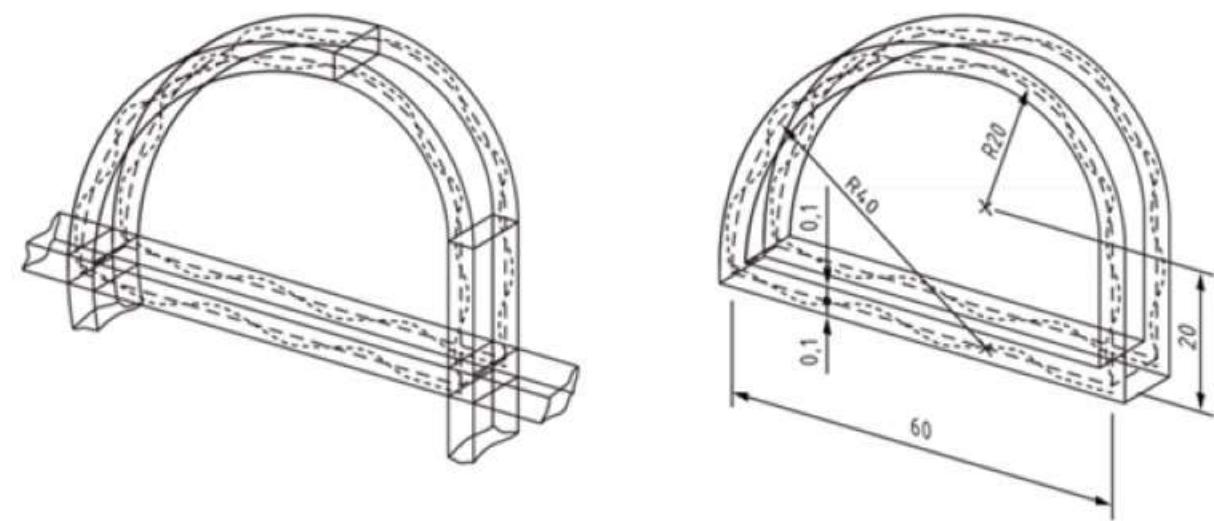
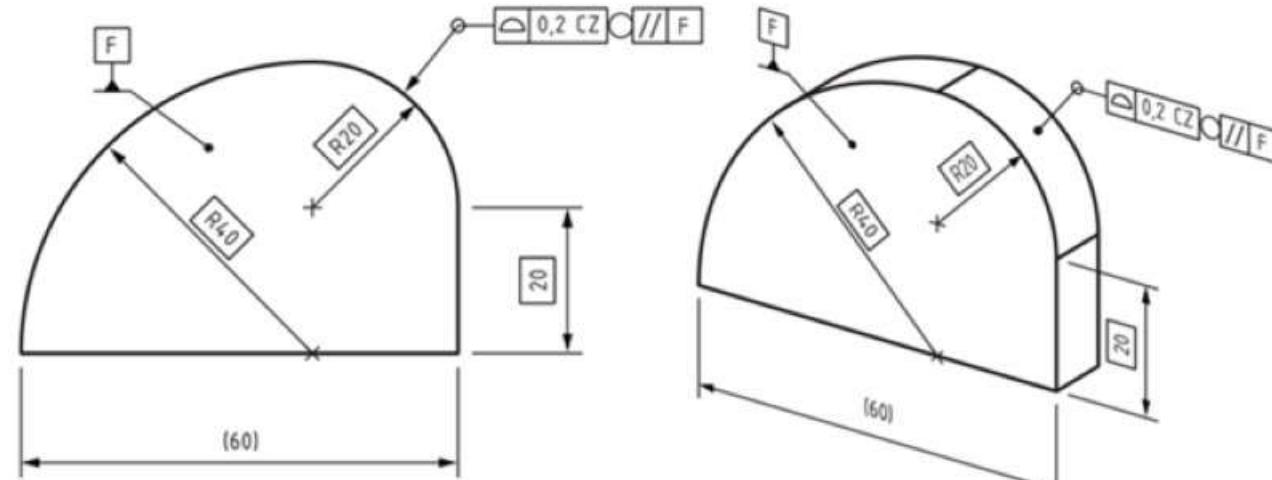
Especificação equivalente a termos um quadro de controle para cada segmento de modo independente.

## Zonas de Tolerância Combinadas CZ

FORMA  
3D Mitutoyo

A tolerância de perfil se aplica a cada segmento do contorno de modo, havendo a geração de uma zona de tolerância combinada.

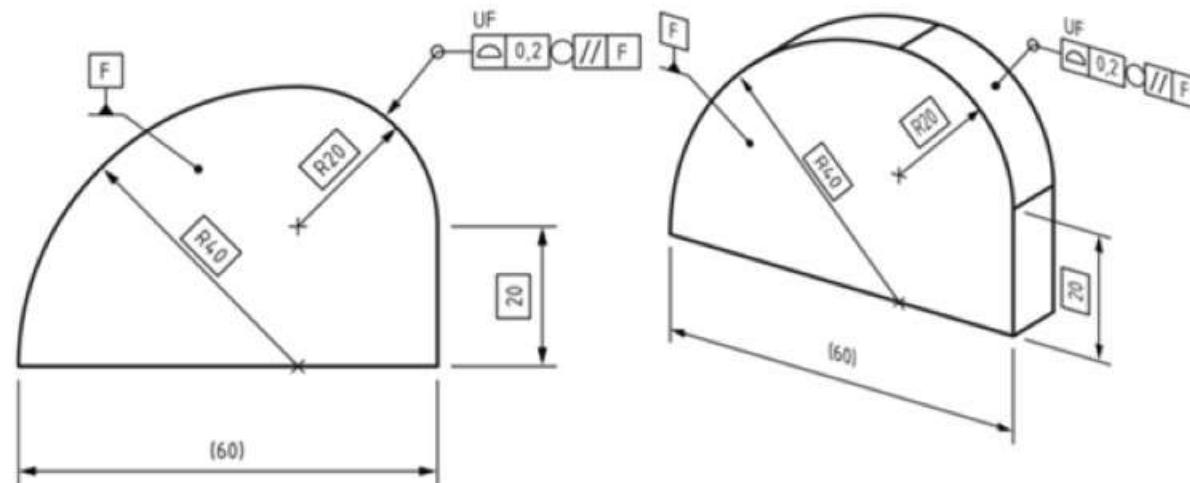
No exemplo ao lado observe que a combinação da zona de tolerância dos contornos curvos com a zona de tolerância do contorno reto gerou uma zona de tolerância combinada com canto vivo.



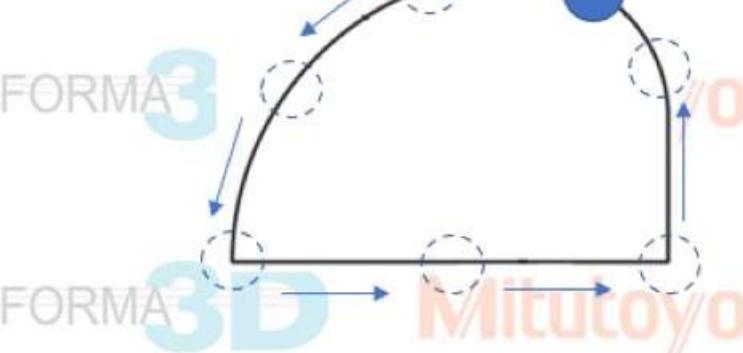
## Zona de Tolerância de Elemento Unificado - UF

Todos os contornos são considerados um único elemento, e a ele se aplica a tolerância de perfil.

Neste exemplo, deve-se observar que a zona de tolerância possui cantos arredondados na parte inferior do contorno.



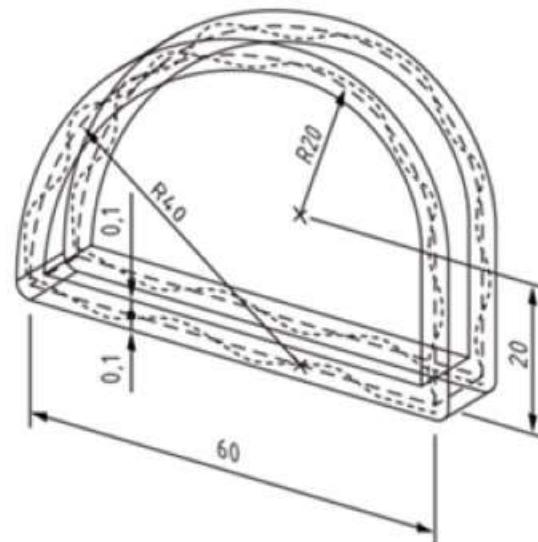
FORMA 3D Mitutoyo



FORMA 3D



FORMA 3D



FORMA 3D

Novas Normas ISO GD&T na Prática. Do Projeto ao Chão de Fábrica.

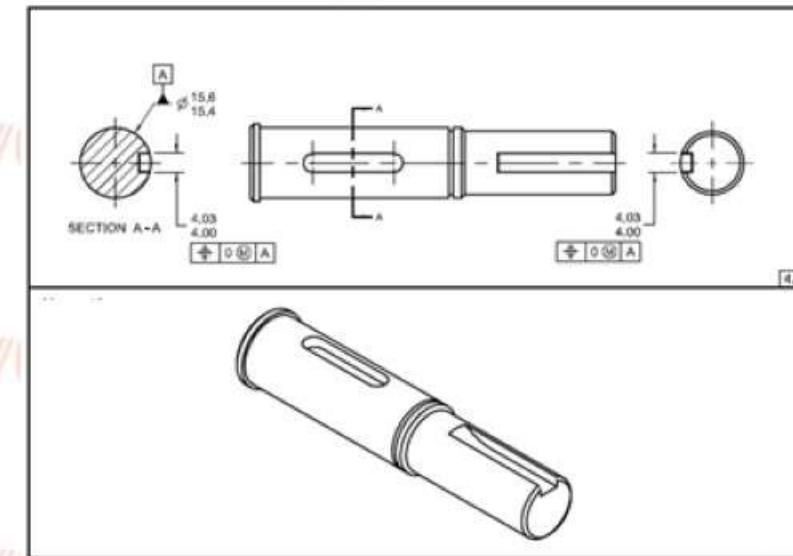
Mitutoyo

## 9. Norma ISO 5458:2018 – Especificação geométrica de conjuntos

### Requisito Simultâneo e Requisito Separado

O chamado requisito simultâneo ocorre quando duas ou mais tolerâncias geométricas se aplicam como um conjunto.

Aplica-se às tolerâncias de posição e perfil localizadas por dimensões básicas e relacionadas aos mesmos datums, referenciados na mesma ordem de precedência com a mesma condição de material.



O requisito em separado os requisitos podem ser atendidos de forma independente em cada elemento.

- Norma ASME Y14.5 – Regra
- Norma ISO – Exceção

## 9. Norma ISO 5458:2018 – Especificação geométrica de conjuntos

FORMA  
**3D**

Mitutoyo

FORMA  
**3P**

Mitutoyo

FORMA  
**3P**

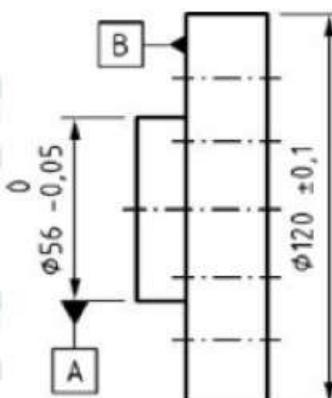
Mitutoyo

FORMA  
**3D**

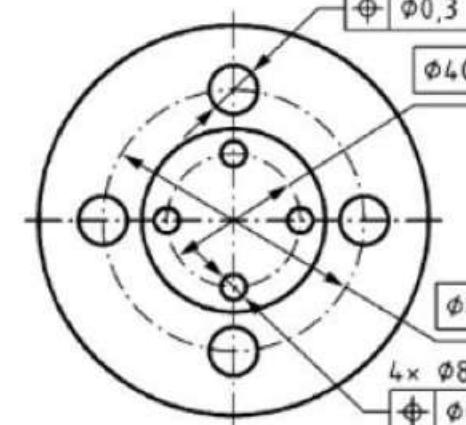
Mitutoyo

Dois conjuntos com requisitos independentes.

FORMA  
**3I**



4x  $\phi 15$   
⊕  $\phi 0.3$  CZ B A



Mitutoyo

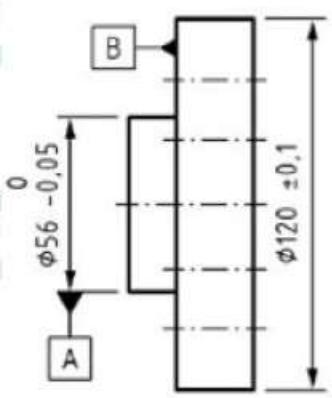
FORMA  
**3D**

Mitutoyo

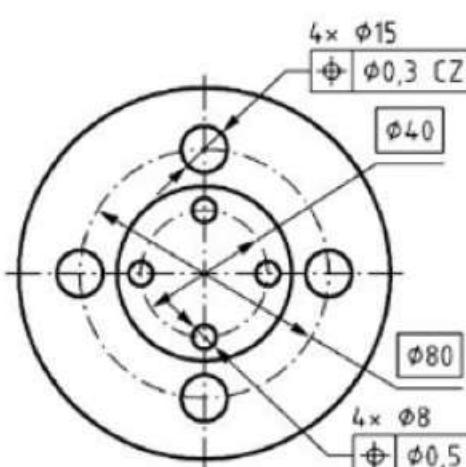
FORMA  
**3I**

Dois conjuntos com requisitos simultâneos.

FORMA  
**3I**



4x  $\phi 15$   
⊕  $\phi 0.3$  CZ B A SIM



Mitutoyo

FORMA  
**3D**

Mitutoyo

FORMA  
**3I**

FORMA  
**3D**

Mitutoyo

FORMA  
**3D**

Mitutoyo

FORMA  
**3D**

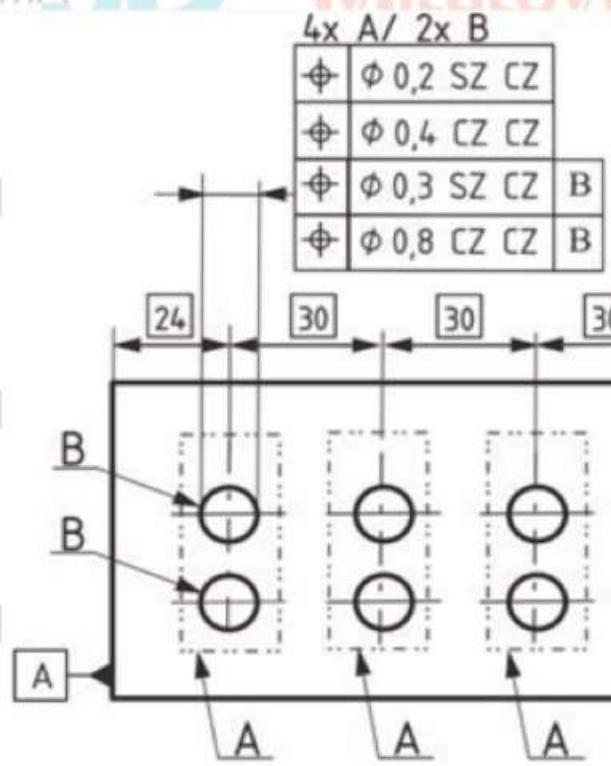
Mitutoyo

FORMA  
**3D**

Novas Normas ISO GD&T na Prática. Do Projeto ao Chão de Fábrica.

Mitutoyo

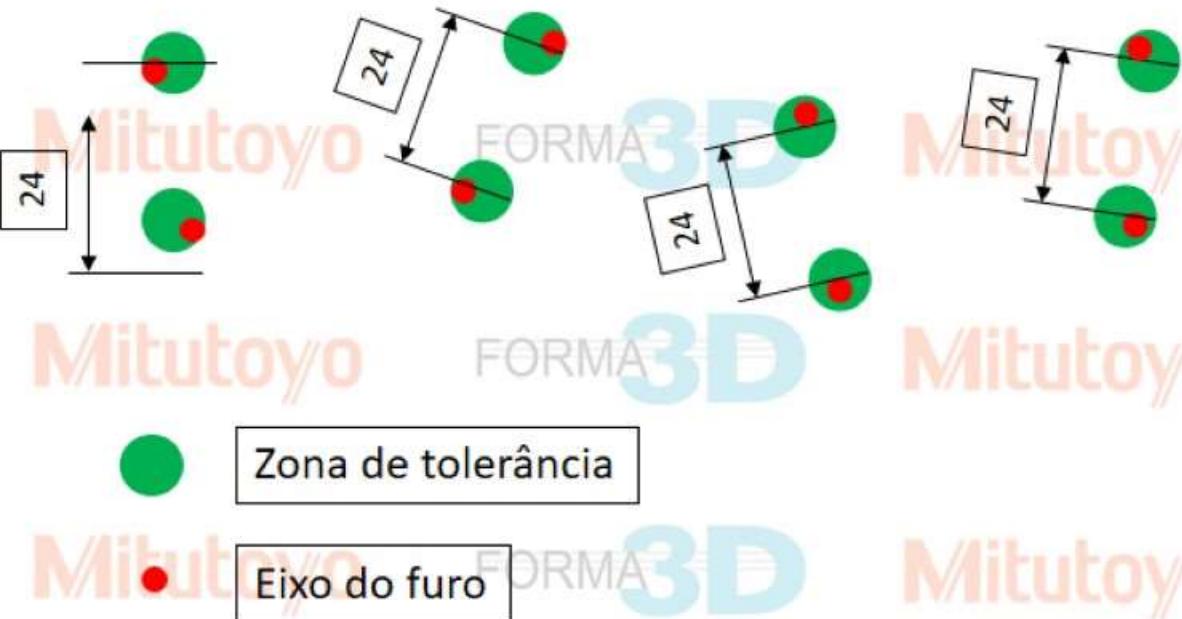
## Pattern and Combined Geometrical Specification



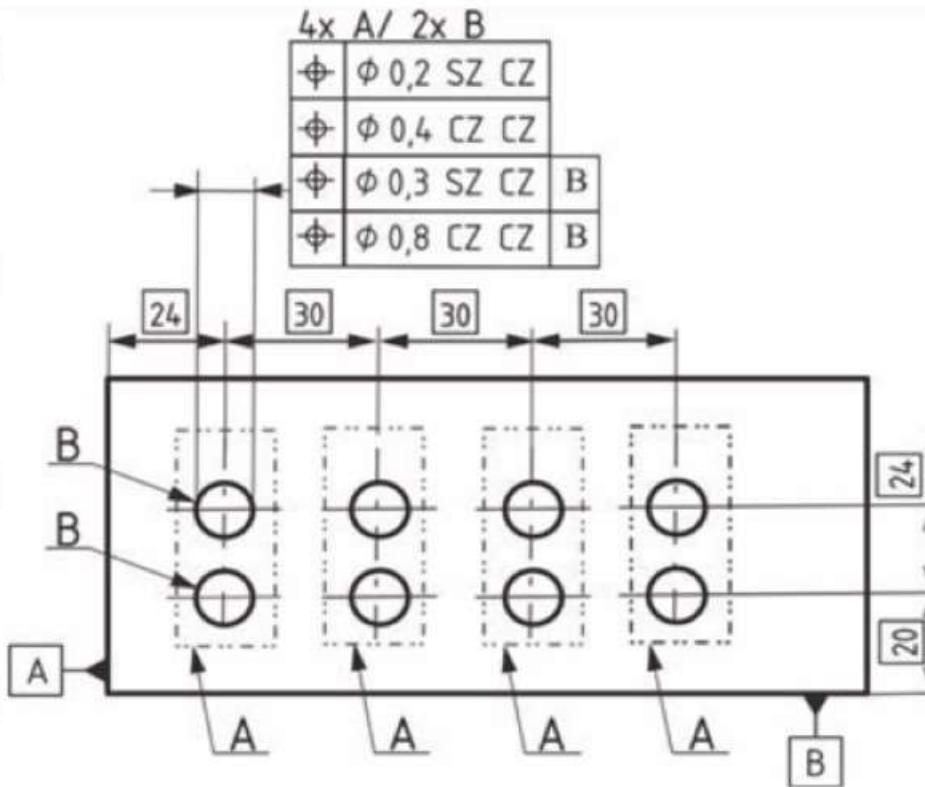
SZ CZ

4 patterns independentes. Para cada um deles, a especificação considera o seguinte:

- Como elemento tolerado a coleção de dois eixos extraídos dos furos.
- Como zona de tolerância a zona combinada, composta de duas zonas cilíndricas de diâmetro 0,2 mm, restritas em localização entre elas de 24 mm.



4x A/ 2x B	
Ø 0,2	SZ CZ
Ø 0,4	CZ CZ
Ø 0,3	SZ CZ
Ø 0,8	CZ CZ
	B
	B



Zona de tolerância

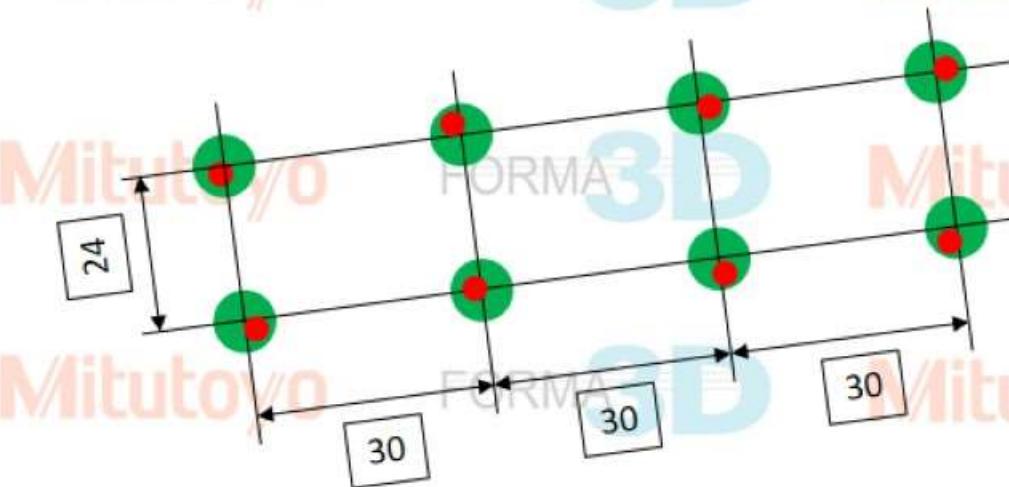


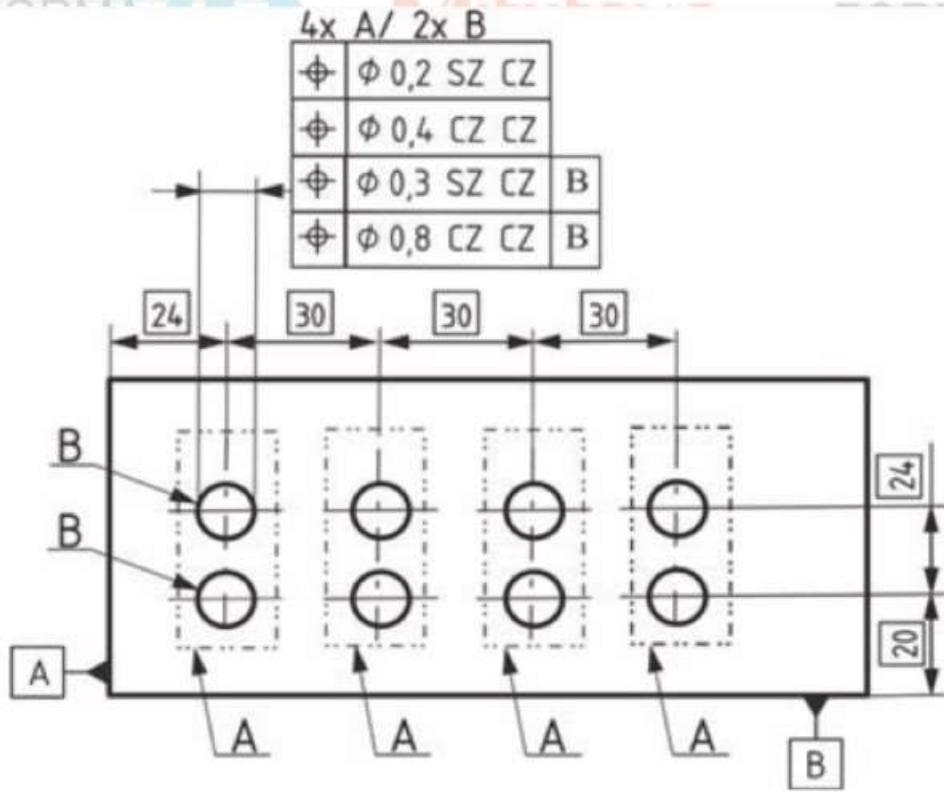
Eixo do furo

CZ CZ

4 patterns dependentes. Para cada um deles, a especificação considera o seguinte:

- Como elemento tolerado a coleção dos 8 eixos extraídos dos furos.
- Como zona de tolerância, a zona combinada composta de 8 zonas cilíndricas de diâmetro 0,4 mm, restritas em localização entre elas de 24 mm em uma direção e de 30 mm na direção perpendicular.

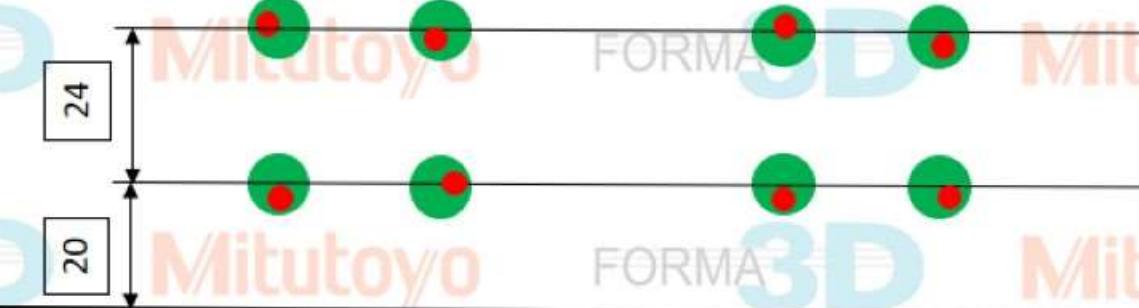




SZ CZ com Datum B

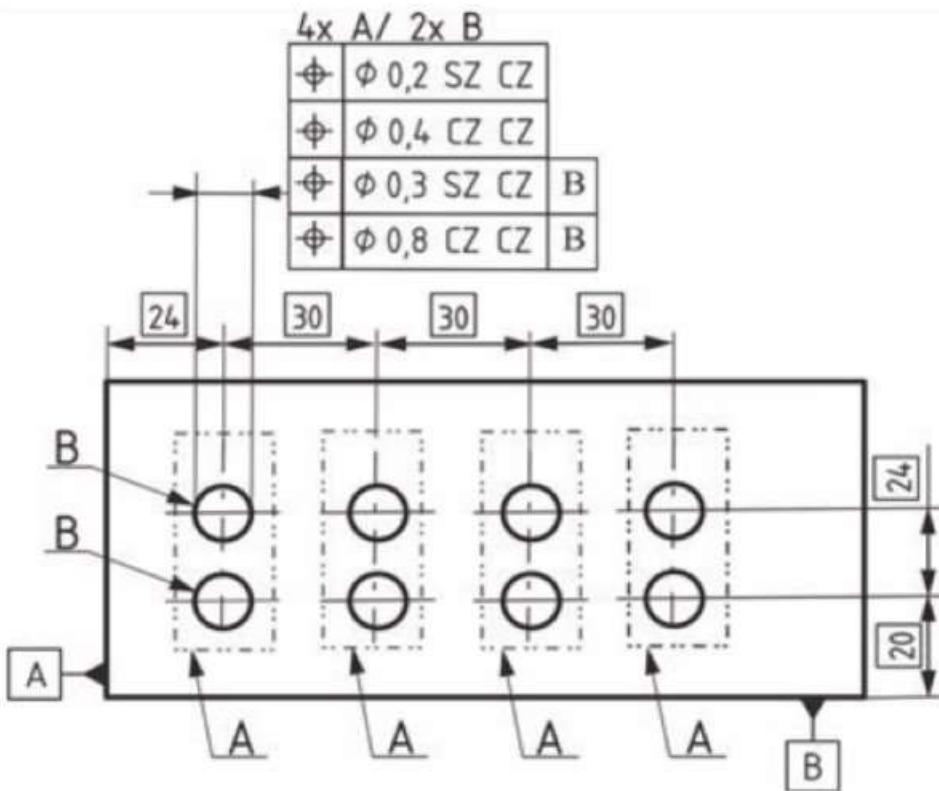
4 patterns independentes. Para cada um deles, a especificação considera o seguinte:

- Como elemento tolerado a coleção de dois eixos extraídos dos furos.
  - Como zona de tolerância, a zona combinada composta de duas zonas cilíndricas de diâmetro 0,3 mm, com restrição de orientação (paralelismo entre elas) restritas em localização entre elas de 24 mm, localizadas em relação ao datum B de 20 mm.



## Zona de tolerância

## Eixo do furo



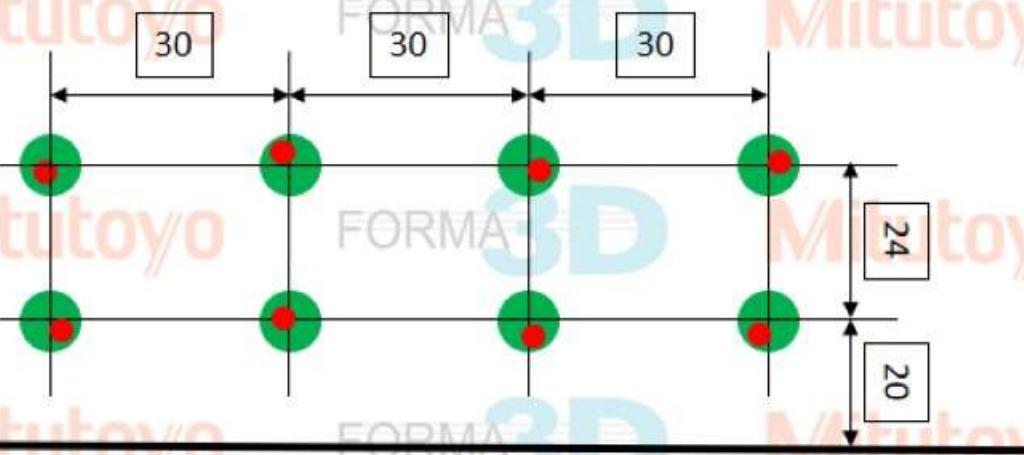
Zona de tolerância

Eixo do furo

### CZ CZ com Datum B

4 patterns dependentes resultando em somente um pattern com a especificação considerando o seguinte:

- Como elemento tolerado a coleção dos oito eixos extraídos dos furos.
- Como zona de tolerância, a zona combinada composta de oito zonas cilíndricas de diâmetro 0,8 mm, com restrição de orientação (paralelismo entre elas), restritas em localização entre elas de 24 mm na direção vertical e 30 mm na direção horizontal, localizadas em relação ao datum B de 20 mm.



FORMA 3D Mitutoyo FORMA 3D Mitutoyo FORMA 3D Mitutoyo

# Tem muito mais vindo!



## Conclusões:

Um grande impulsionador das expansão dos recursos de especificação das normas ISO que vimos nesta apresentação é a **digitalização da manufatura**, requisito da indústria 4.0.

Um segundo fator para melhoria da linguagem ISO GPS é a variedade de especificações necessárias pela indústria para transmitir a intenção funcional que não estava disponível anteriormente.

- A sociedade deseja produtos mais eficientes e ambientalmente sustentáveis
- Os clientes ficam cada vez mais exigentes
- A competição entre as empresas cresce continuamente
- Os acionistas buscam empresas eficientes para investir
- A indústria necessita mais e mais evoluir



Estejamos prontos para responder a estas demandas

Estejamos prontos para responder a estas demandas



A tecnologia torna a competição entre modernos e defasados cada vez mais desigual



Nenhuma indústria terá futuro praticando métodos do passado.

FOR

Vamos melhorar?

Desculpe estou muito ocupado...

FORMA

**3D**

Mitutoyo

**3D**

Novas Normas ISO GD&T na Prática. Do Projeto ao Chão de Fábrica.

Mitutoyo

Obrigado pela atenção!!!



[cursos@forma3d.com.br](mailto:cursos@forma3d.com.br)