

Desde 2004

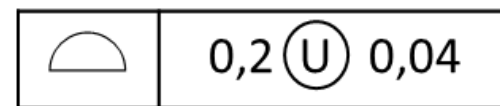
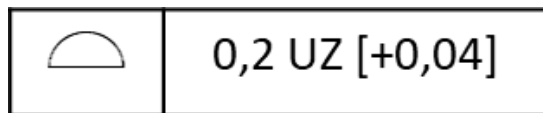
FORMA3D



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

## Material didático informativo sobre GD&T e Medição 3D

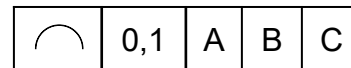
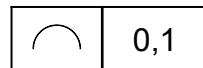
### Tolerância de Perfil com Zona de Tolerância Assimétrica



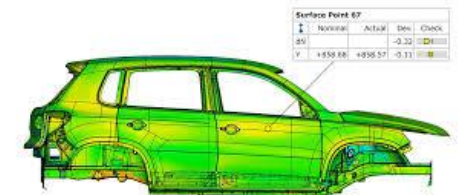
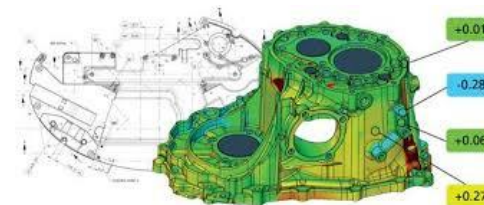
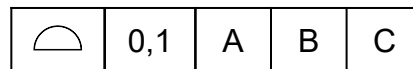
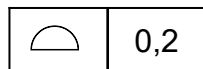
# CARACTERÍSTICAS GERAIS DA TOLERÂNCIA GEOMÉTRICA DE PERFIL DE LINHA E DE SUPERFÍCIE

- **Alta versatilidade:** permitem controlar simultaneamente forma, orientação e posição, dependendo da referência (datums) associada, sendo uma das tolerâncias mais completas do GD&T.
- **Alto nível de controle funcional:** quando bem aplicadas, asseguram que a peça atenda a requisitos funcionais e de montagem, reduzindo ambiguidades comuns em tolerâncias dimensionais tradicionais.
- **Controle de geometrias complexas:** possibilitam a verificação de contornos 2D (perfil de linha) e geometrias 3D completas (perfil de superfície), sendo ideais para peças com formas livres ou superfícies não prismáticas.
- **Crescente aplicação na engenharia moderna:** com a evolução do design digital (CAD/CAE), essas tolerâncias têm sido cada vez mais utilizadas para garantir fidelidade geométrica em peças complexas, especialmente em setores como automotivo, aeroespacial e moldes.
- **Integração com metrologia 3D:** sistemas de medição ópticos (como scanners 3D e CMM ópticas) tornaram a avaliação mais rápida e prática, permitindo análises completas por mapas de desvio (color maps) e inspeções automatizadas.
- **Dependência de recursos computacionais:** sua aplicação e inspeção exigem softwares com capacidade gráfica avançada, capazes de comparar modelos CAD com dados medidos (nuvem de pontos ou malha).

Perfil de Linha

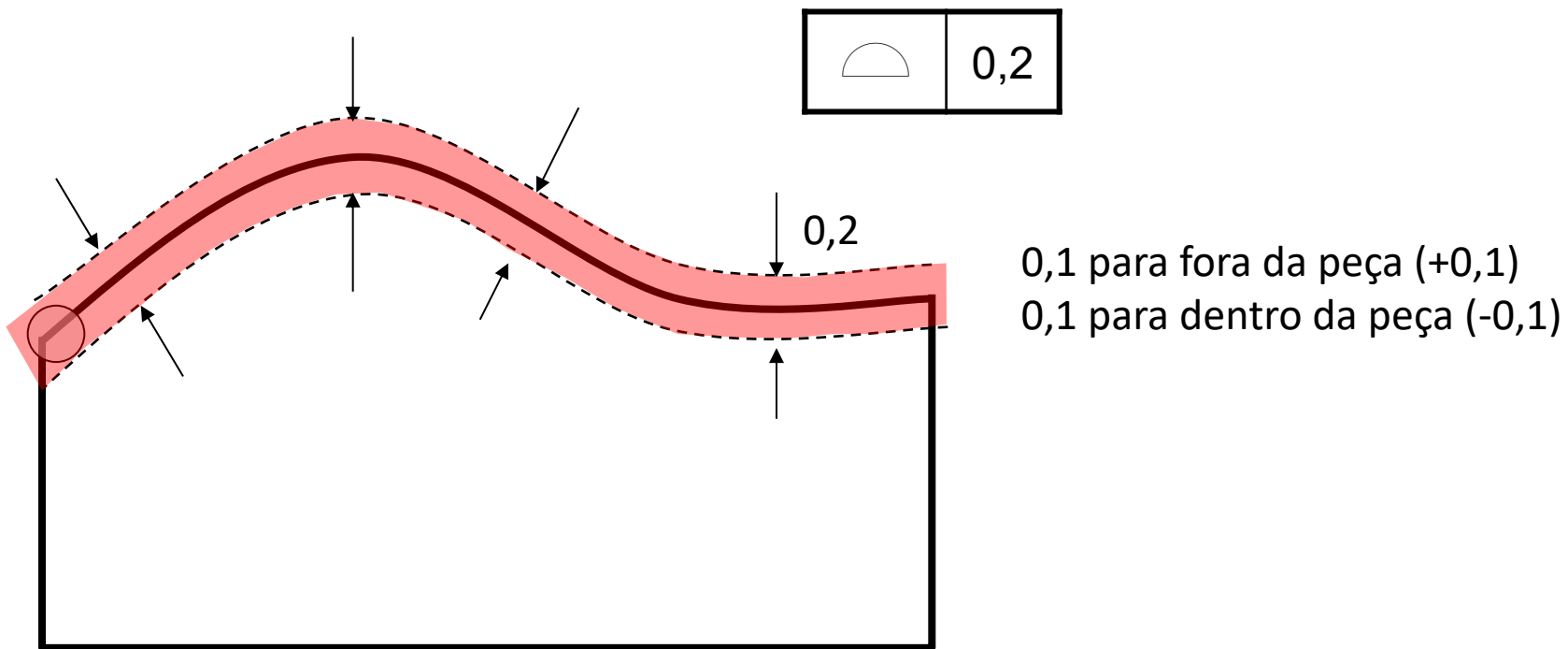


Perfil de Superfície



# A ZONA DE TOLERÂNCIA COMO REGRA É SIMÉTRICA

ZONA DE TOLERÂNCIA DISTRIBUIDA IGUALMENTE EM RELAÇÃO AO ELEMENTO TOLERADO

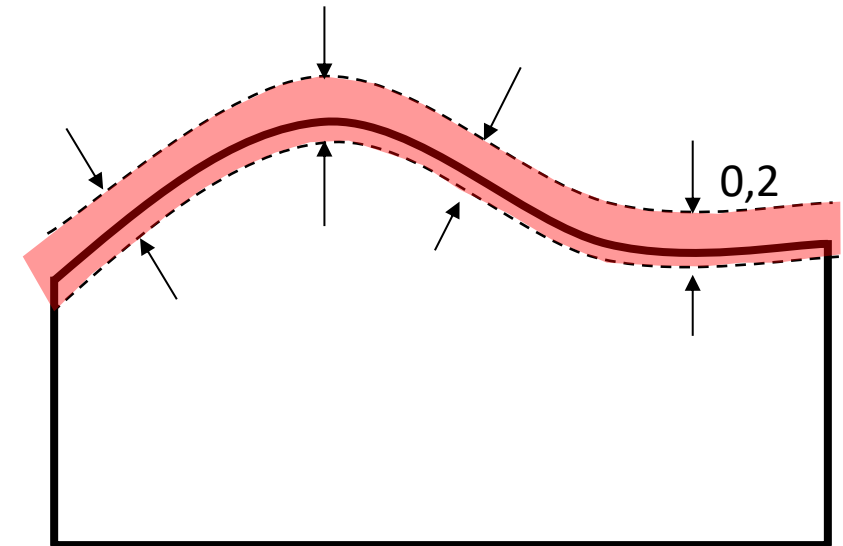


## PARA ALGUMAS SITUAÇÕES ESTA REGRA PODE NÃO SER EFICIENTE

A **zona de tolerância assimétrica em perfil de superfície** é usada quando o desvio permitido não é igualmente distribuído em relação ao perfil nominal (CAD), permitindo **mais tolerância para um lado do que para o outro**, geralmente por razões funcionais, de montagem ou de processo.

### Exemplos:

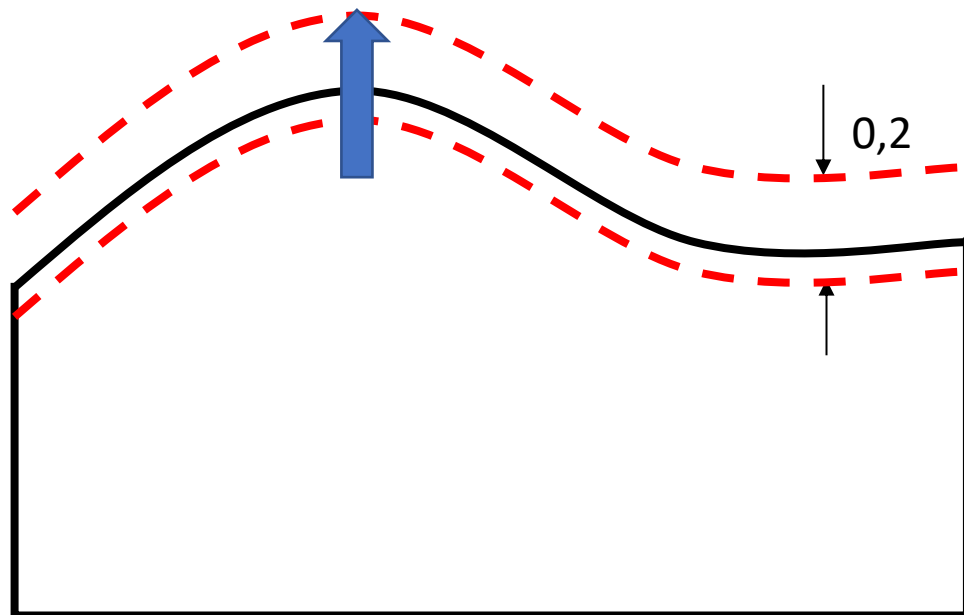
- Superfícies de vedação
- Superfícies aerodinâmicas
- Interfaces de montagem com folga controlada
- Componentes funcionais com contato controlado
- Peças semiacabadas (fundidas, forjadas, etc.)
- Superfícies de ferramentais de injeção e conformação
- Dentre outros



## TÊM-SE, ENTÃO, UMA SITUAÇÃO DE EXCEÇÃO À REGRA

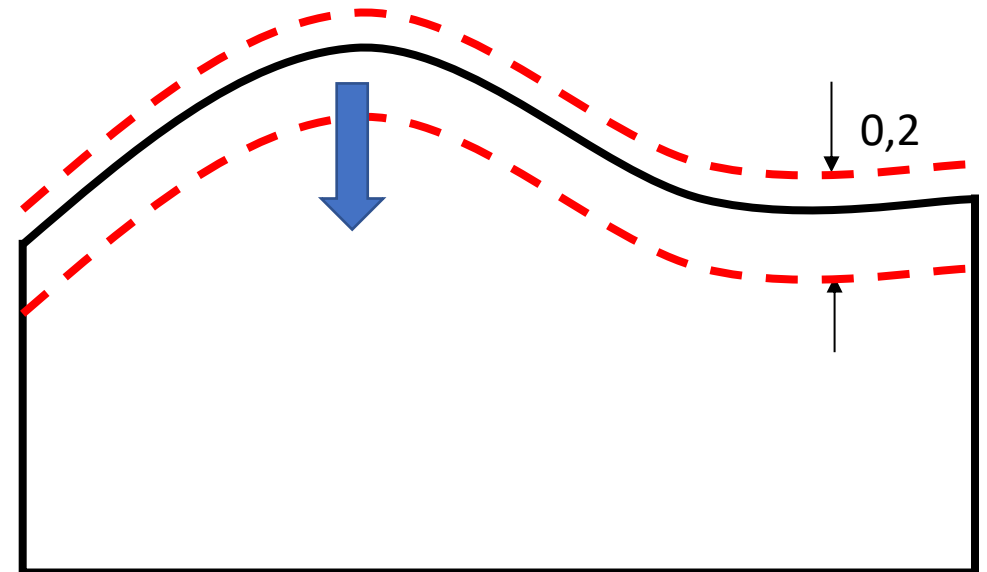
➔ ZONA DE TOLERÂNCIA DISPOSTA ASSIMETRICAMENTE AO ELEMENTO TOLERADO

Zona deslocada para fora da peça



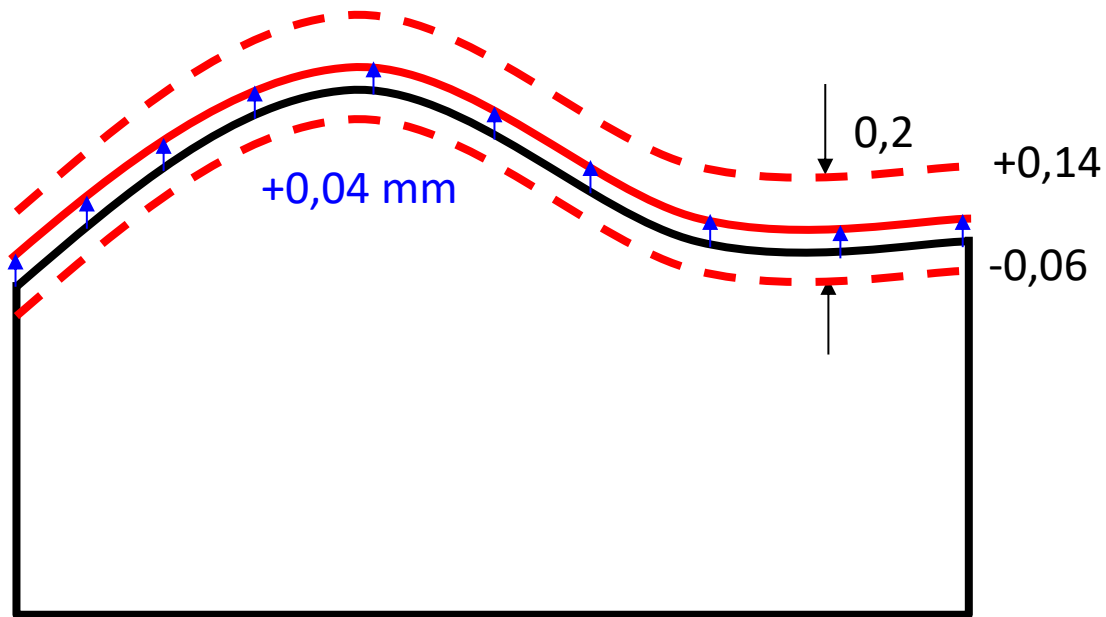
OU


Zona deslocada para dentro da peça



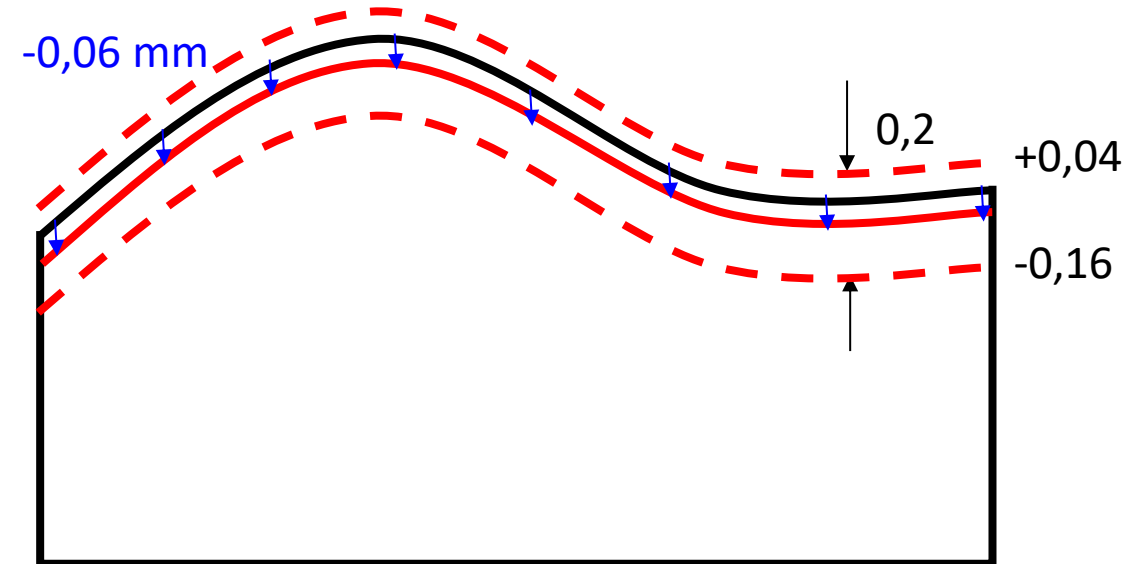
# ZONA DE TOLERÂNCIA ASSIMÉTRICA: ESPECIFICAÇÃO DE ACORDO COM **NORMAS ISO/GPS**


Zona de 0,2 mm deslocada 0,04 mm para fora da peça



 0,2 UZ [+0,04]

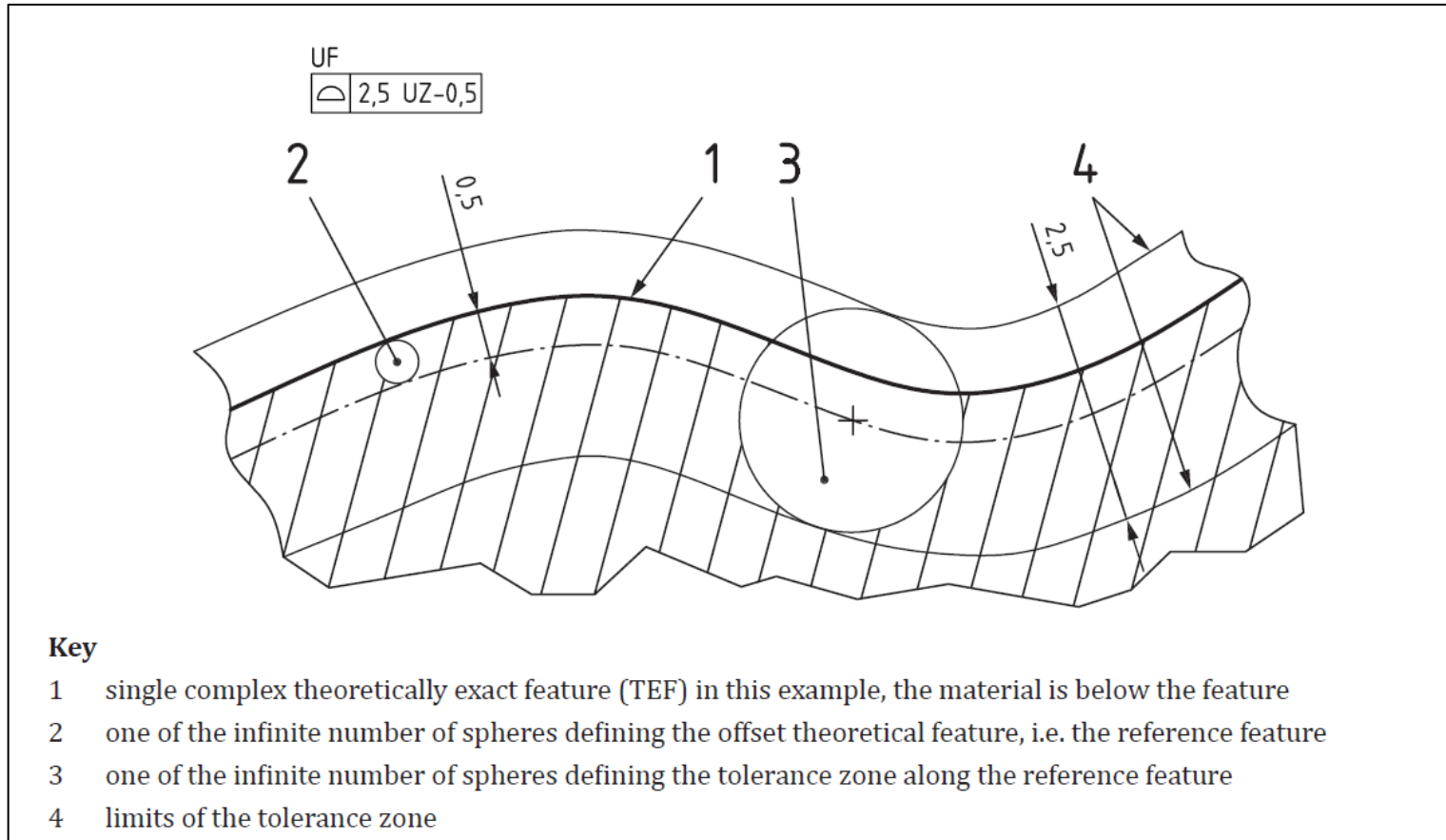
Zona de 0,2 mm deslocada 0,06 mm para dentro da peça



 0,2 UZ [-0,06]

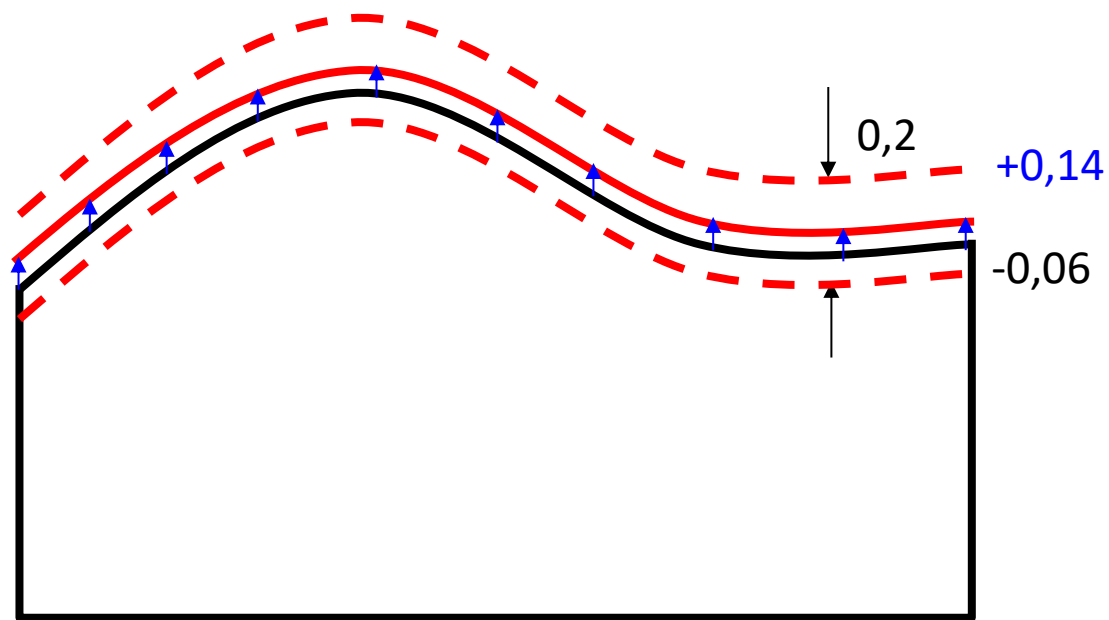
UZ = Unequal Zone

A norma define o deslocamento (off set) da zona de tolerância, com um sinal + ou -



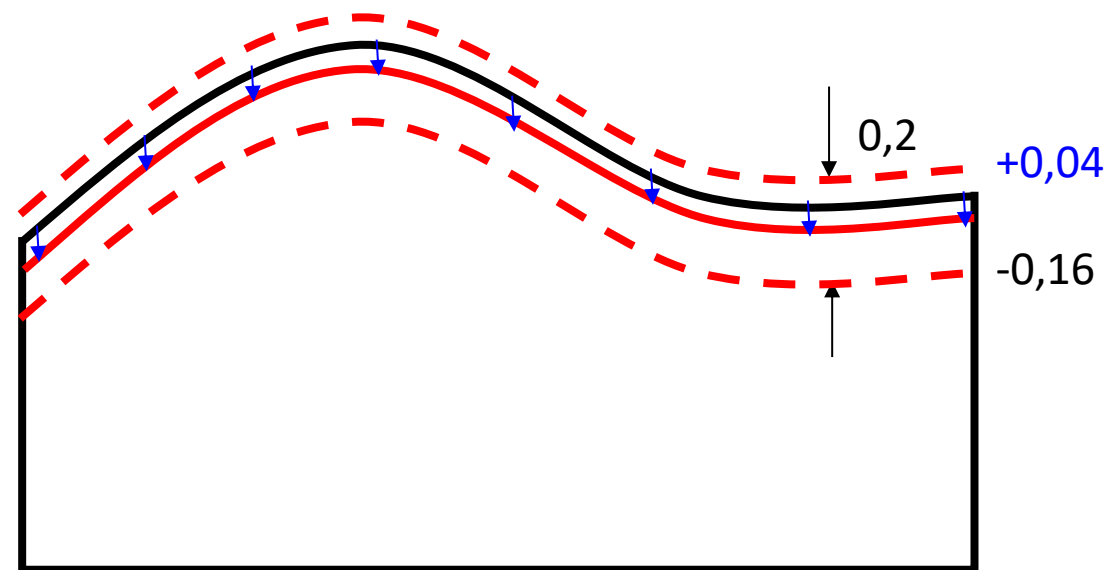
# ZONA DE TOLERÂNCIA ASSIMÉTRICA: ESPECIFICAÇÃO DE ACORDO COM NORMA ASME Y14.5-2018

Zona de 0,2 mm sendo 0,14 mm para fora da peça



$\frac{1}{2}$  0,2 (U) 0,14

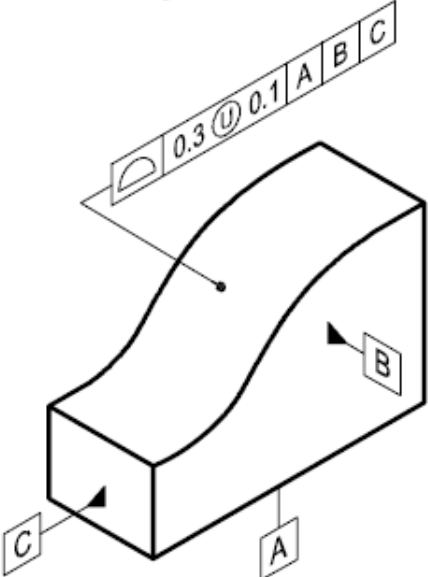
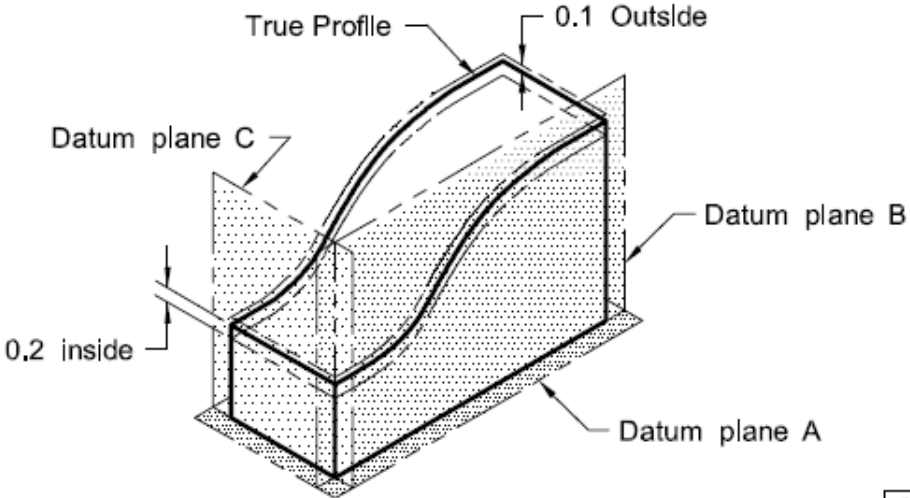
Zona de 0,2 mm sendo 0,04 mm para fora da peça



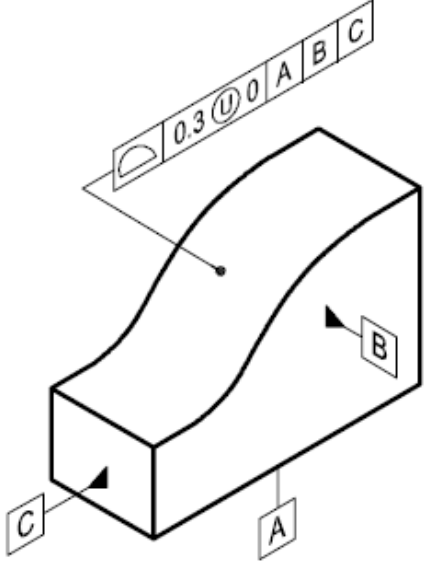
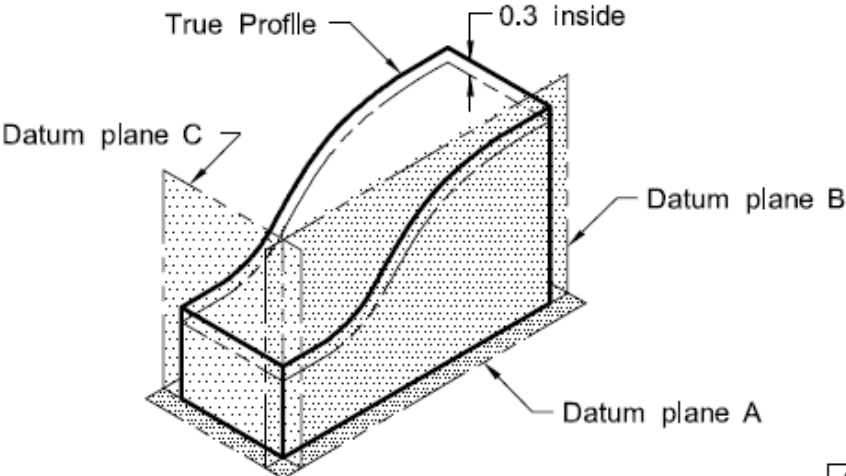
$\frac{1}{2}$  0,2 (U) 0,04

A norma ASME especifica a quantidade de sobrematerial após o (U), que pode ser inclusive zero ou toda a zona de tolerância.

## Zona de tolerância assimétrica, parte para dentro, parte para fora da geometria nominal da peça

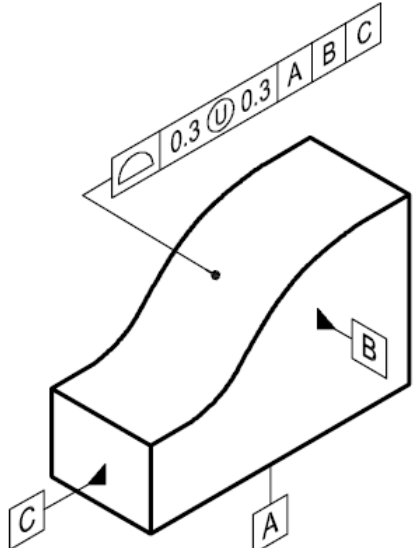
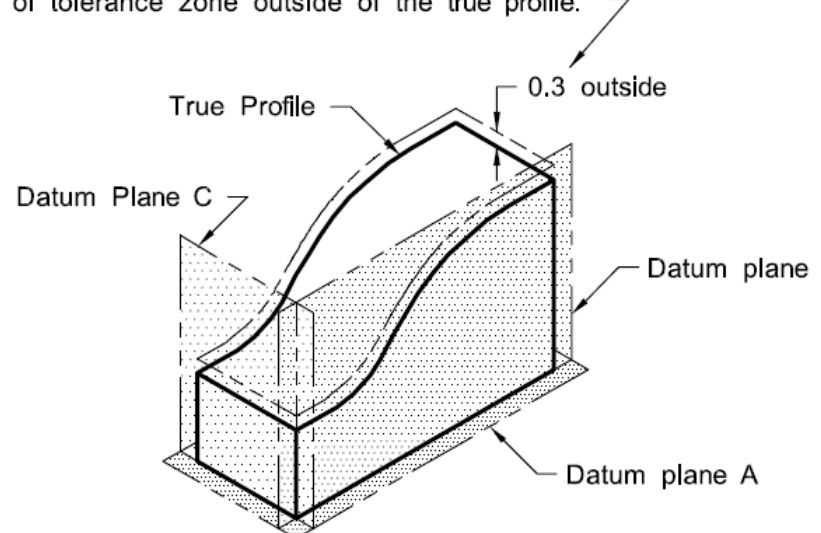
<p>This on the drawing</p>  <p>Screen Image of digital data file with datum feature symbols and feature control frames applied.</p>	<p>Means this</p> <p>Profile of a surface tolerance applies unequally. The 0.1 following the unequally-disposed symbol indicates the amount of tolerance zone outside of the true profile.</p>  <p>8.3.1.2 3.3.22</p>
---	---

**Zona de tolerância assimétrica, totalmente para dentro da geometria nominal da peça**

<p>This on the drawing</p>  <p>Screen Image of digital data file with datum feature symbols and feature control frames applied.</p>	<p>Means this</p> <p>Profile of a surface tolerance applies unilaterally into the part when located on datum planes A, B, and C. The 0 following the unequally-disposed symbol indicates the amount of tolerance zone outside of the true profile.</p>  <p>8.3.1.2 3.3.22</p>
---	---

ASME Y14.5-2018

Zona de tolerância assimétrica, totalmente para fora da geometria nominal da peça

<p>This on the drawing</p>  <p>Screen image of digital data file with datum feature symbols and feature control frames applied.</p>	<p>Means this</p> <p>Profile of a surface tolerance applies unilaterally away from the part when located on datum planes A, B, and C. The 0.3 following the unequally-disposed symbol indicates the amount of tolerance zone outside of the true profile.</p>  <p>0.3 outside</p> <p>True Profile</p> <p>Datum Plane C</p> <p>Datum plane B</p> <p>Datum plane A</p> <table border="1" data-bbox="1923 1071 2012 1135"> <tr> <td>8.3.1.2</td> </tr> <tr> <td>3.3.22</td> </tr> </table>	8.3.1.2	3.3.22
8.3.1.2			
3.3.22			

ASME Y14.5-2018

# Estes e muitos outros temas fazem parte dos conteúdos abordados nos cursos FORMA3D.

# FORMA3D

O **FORMA3D** é um programa avançado de treinamento em metrologia 3D, focado nos conhecimentos, habilidades e atitudes necessárias para que profissionais que atuam direta ou indiretamente com a medição por coordenadas possam desempenhar suas atividades com eficiência e confiabilidade. É um curso neutro, aplicável a qualquer tipo de máquina de medir e software de medição, independente do fabricante ou tipo de tecnologia de medição por coordenadas.

É uma iniciativa **100% Brasileira** de estabelecer um programa de formação técnica avançado especificamente voltado para a área de medição tridimensional. Realizado desde 2004 em parceria com a Mitutoyo Sul Americana, já qualificou mais de 3000 profissionais de mais de 300 empresas, no Brasil, Argentina, Inglaterra, México e Portugal.



ALGUMAS DAS EMPRESAS ATENDIDAS COM CURSOS FORMA3D

Parceria



### METROLOGISTA 3D

Módulo C ★

FORMA3D

A10.C – Programa de Formação Avançada em Metrologia 3D  
Métodos Avançados para a Garantia da Exatidão na Medição 3D.  
Carga horária: 24 horas

### METROLOGISTA 3D

Módulo B ★★

FORMA3D

A10.B – Programa de Formação Avançada em Metrologia 3D  
GD&T Avançado para definição de estratégias de inspeção com Medição 3D.  
Carga horária: 24 horas

### METROLOGISTA 3D

Módulo A ★★★

FORMA3D

A10.A – Programa de Formação Avançada em Metrologia 3D  
Calibração de máquinas (ISO10360) e Análise de sistemas de medição 3D (MSA 4ª Edição)  
Carga horária: 24 horas

### MEDIÇÃO DE FORMA

Módulo E1

FORMA3D

A10.E1 – Programa de Formação Avançada em Metrologia 3D  
GD&T e confiabilidade metrológica para Máquinas de Medir Erros de Forma.  
Carga horária: 24 horas

**METROLOGISTA 3D**

Módulo C



**FORMA 3D**

A10.C – Programa de Formação Avançada em Metrologia 3D  
Métodos Avançados para a Garantia de Exatidão na Medição 3D

**OBJETIVO PRINCIPAL:** Qualificar os participantes nos fundamentos matemáticos e nas tecnologias dos sistemas de medição por coordenadas, nas fontes de erros possíveis nos processos de medição e nos métodos para avaliar a incerteza das medições e otimizar a exatidão dos processos de medição, garantindo a confiabilidade no controle dimensional de produtos e processos.

**SÍNTESE DO CONTEÚDO:**

1. PRINCÍPIOS MATEMÁTICOS E TECNOLOGIAS DE MEDIÇÃO POR COORDENADAS
2. REQUISITOS DE NORMAS DE QUALIDADE REFERENTES À CONFIABILIDADE DAS MEDIÇÕES
3. FONTES DE ERRO EM PROCESSOS DE MEDIÇÃO TRIDIMENSIONAL
4. QUALIFICAÇÃO, QUANTIFICAÇÃO E CONSIDERAÇÃO DOS ERROS E INCERTEZAS
5. ESTIMATIVA DA INCERTEZA DE RESULTADOS DE MEDIÇÃO TRIDIMENSIONAL
5. AÇÕES PARA MELHORIA DE EXATIDÃO NA MEDIÇÃO TRIDIMENSIONAL
6. BOAS PRÁTICAS NA MONTAGEM E NA MANUTENÇÃO DE PROCESSOS DE MEDIÇÃO CONFIÁVEIS



A10.B – Programa de Formação Avançada em Metrologia 3D  
GD&T Avançado para definição de estratégias de inspeção com Medição 3D.

**OBJETIVO PRINCIPAL:** Capacitar os participantes para entender em modo avançado a especificação GD&T contida nos desenhos de engenharia, e traduzir essa especificação em estratégias de medição consistentes para a inspeção de tolerâncias dimensionais e geométricas, obtendo resultados confiáveis metrologicamente.

**SÍNTESE DO CONTEÚDO:**

1. A CONVIVÊNCIA COM A VARIABILIDADE DIMENSIONAL
2. GD&T: HISTÓRICO, VANTAGENS, IMPORTÂNCIA E CENÁRIO NORMATIVO ATUAL
3. GD&T E MEDIÇÃO TRIDIMENSIONAL
4. REVISÃO DE REGRAS E CONCEITOS DAS NORMAS ISO E ASME Y14.5
5. ESTUDO E CONTROLE DE TOLERÂNCIAS DIMENSIONAIS COM MEDIÇÃO 3D
6. ESTUDO E CONTROLE DE TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS COM MEDIÇÃO 3D
7. ASPECTOS FUNDAMENTAIS DE CONFIABILIDADE METROLÓGICA NA INSPEÇÃO DIMENSIONAL

**METROLOGISTA 3D**

Módulo A ★★

FORMA 3D

A10.A – Programa de Formação Avançada em Metrologia 3D

Avaliação de máquinas (ISO10360) e Análise de sistemas de medição 3D (MSA 4ª Edição).

**OBJETIVO PRINCIPAL:** Capacitar os participantes para conhecer os erros das máquinas de medir por coordenadas e a norma ISO10360 que trata de ensaios de avaliação de performance dos sistemas de medição 3D. Qualificar os participantes no entendimento e aplicação do guia MSA 4ª edição para a caracterização e melhoramento de processos de medição.

## SÍNTESE DO CONTEÚDO:

1. IMPORTÂNCIA DA EXATIDÃO DE SISTEMAS DE MEDIÇÃO POR COORDENADAS
2. ESTUDO DETALHADO DA NORMA ISO10360 PARA ENSAIO DE MÁQUINAS DE MEDIR
3. ENSAIOS DE AVALIAÇÃO DE PERFORMANCE EM MÁQUINAS DE MEDIR 3D
4. AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DE PROCESSOS DE MEDIÇÃO
5. ESTUDO DO GUIA MSA 4ª EDIÇÃO PARA ANÁLISE DE PROCESSOS DE MEDIÇÃO
6. MSA APLICADO EM PROCESSOS DE MEDIÇÃO TRIDIMENSIONAL
7. PLANEJAMENTO, EXECUÇÃO E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DE UM ESTUDO DE MSA
8. EXERCÍCIOS PRÁTICOS DE ESTUDOS DE MSA

# MÓDULO E1

**MEDIÇÃO DE FORMA**

Módulo E1

**FORMA 3D**

A10.E1 – Programa de Formação Avançada em Metrologia 3D

GD&T e confiabilidade metrológica para Máquinas de Medir Erros de Forma e Contorno.

**OBJETIVO PRINCIPAL:** Capacitar os participantes na utilização de máquinas de medir formas para o controle de tolerâncias em peças com especificação GD&T, desde a interpretação dos desenhos de engenharia segundo as normas ISO e ASME Y14.5 até a definição das estratégias de medição e validação da confiabilidade dos resultados.

## SÍNTESE DO CONTEÚDO:

1. GD&T: REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DE CONCEITOS SEGUNDO ISO1101-2017 E ASME14.5-2018
2. MÁQUINAS DE MEDIR FORMA E CONTORNO: TIPOS, RECURSOS DE MEDIÇÃO E EXATIDÃO
3. PROCESSAMENTOS MATEMÁTICOS DE PONTOS: FILTRAGEM, ASSOCIAÇÃO E AVALIAÇÃO.
4. MEDIÇÃO DE CIRCULARIDADE E CILINDRICIDADE
5. MEDIÇÃO DE RETITUDE E PLANEZA
6. MEDIÇÃO DE PERFIL DE LINHA E DE SUPERFÍCIE
7. MEDIÇÃO DE CONCENTRICIDADE E COAXIALIDADE
8. MEDIÇÃO DE BATIMENTO CIRCULAR E TOTAL
9. MEDIÇÃO DE PARALELISMO, PERPENDICULARIDADE E INCLINAÇÃO
10. AVALIAÇÃO DA EXATIDÃO EM MEDIÇÕES COM MÁQUINAS DE MEDIR FORMA E CONTORNO

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

Desde 2004

FORMA **3D**



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