FORMA 3D

Formação Avançada em Metrologia 3D

GD&T na Gestão Dimensional de Produtos

Prof. André Roberto de Sousa, Dr. Eng.

20 de Agosto de 2020

Webinar Promovido pela Mitutoyo Sul Americana

Mitutoyo

Breve apresentação

Engenheiro Mecânico com 28 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

forma
Ações Inteligentes

Mitutoyo

RENISHAW

GD&T NA GESTÃO DIMENSIONAL DE PRODUTOS

Objetivo:

Apresentar os desafios e caminhos para a obtenção da conformidade dimensional de produtos no menor custo e tempo, com a Gestão Dimensional de Produtos

1. Qualidade e Produtividade

2. Gestão Dimensional de Produtos

3. GD&T na Gestão Dimensional de Produtos

4. Controle de Processos

5. Conclusões

DUAS PALAVRAS

SEMPRE FALADAS
NEM SEMPRE PRATICADAS
NEM SEMPRE ALIADAS

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

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

Impacto na satisfação

Impacto no custo

Impacto na competitividade

DUAS PALAVRAS

Na indústria do passado eram inimigas

- Ou faz bem feito e devagar: qualidade com baixa produtividade
- Ou faz rápido e mal feito: produtividade com baixa qualidade

Na indústria atual não podem mais ser inimigas

- Fazer bem feito e fazer rápido é indispensável
- Qualidade com produtividade!

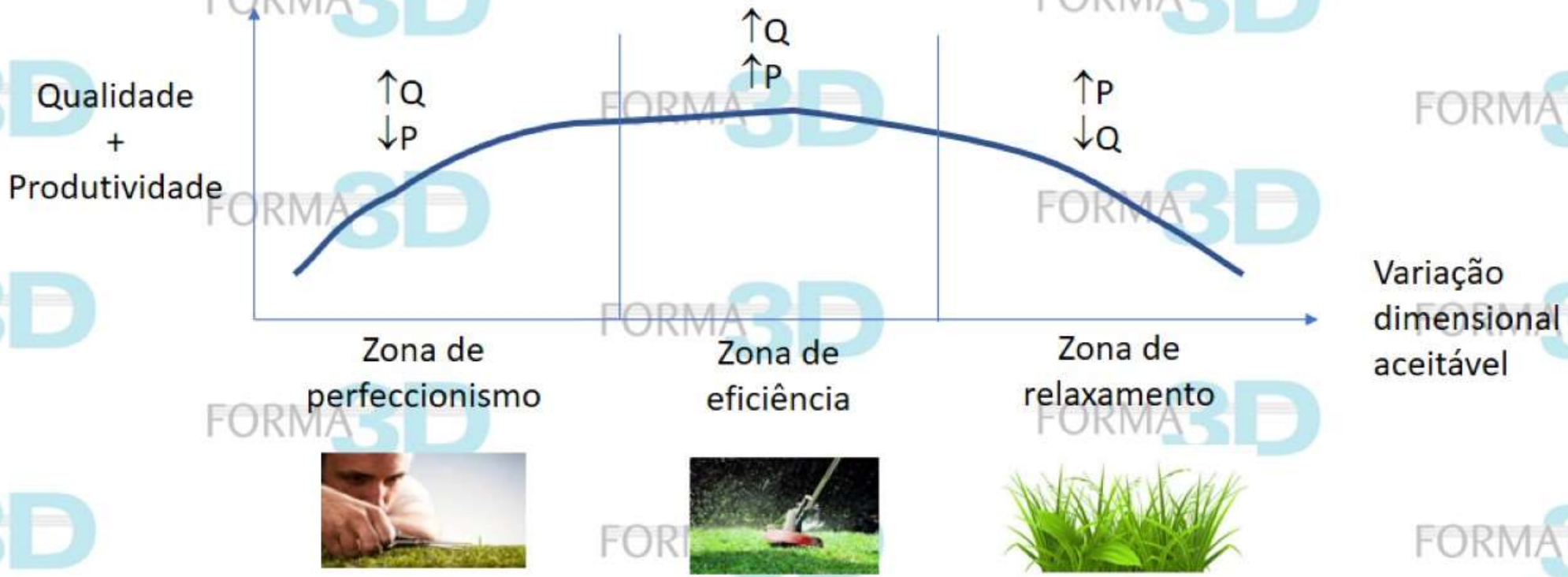
Satisfazer as necessidades dos clientes com produtos de boa qualidade e custo competitivo, produzidos de forma sustentável econômica e ambientalmente.

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**.



2. Gestão Dimensional de Produtos

A obtenção da conformidade dimensional sem sacrifício da qualidade nem da produtividade requer uma gestão dimensional eficiente

Conjunto de atividade relacionadas ao controle dos desvios geométricos e da previsão dos seus efeitos na qualidade do produto, ao longo do seu ciclo de vida.

Projeto → Manufatura → Inspeção → Montagem → Testes

A gestão dimensional objetiva criar projetos e processos que absorvam o máximo de variação dimensional sem afetar a função e a qualidade do produto.

Projeto robusto a variações dimensionais

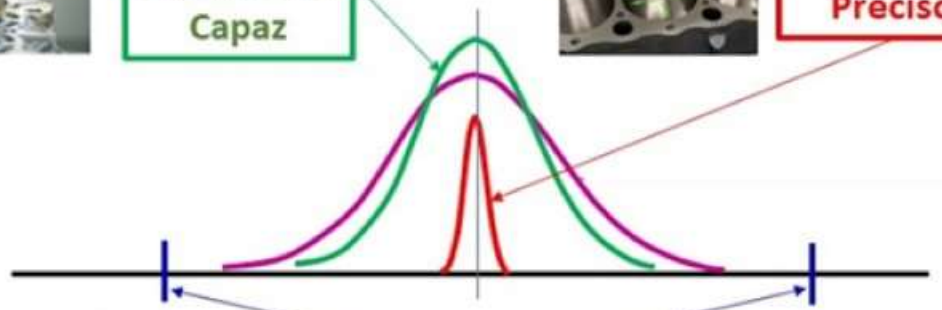
Processos de produção com erros controlados

Pilares da Gestão Dimensional de Produtos:

1. Melhoria na Especificação Geométrica dos Produtos
2. Controle dos Processos de Manufatura
3. Metrologia Dimensional Confiável

Construção Geométrica Capaz

Controle Geométrico Preciso



GD&T

Especificação Geométrica Racional

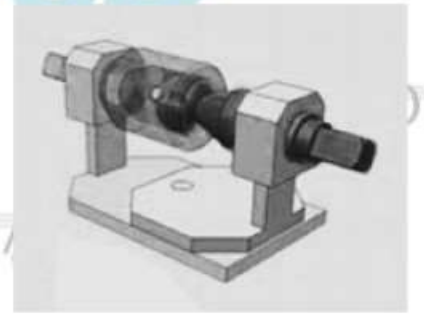
"Exatidão do Arqueiro"

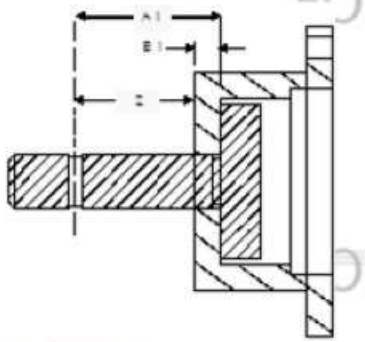
"Tamanho do alvo"

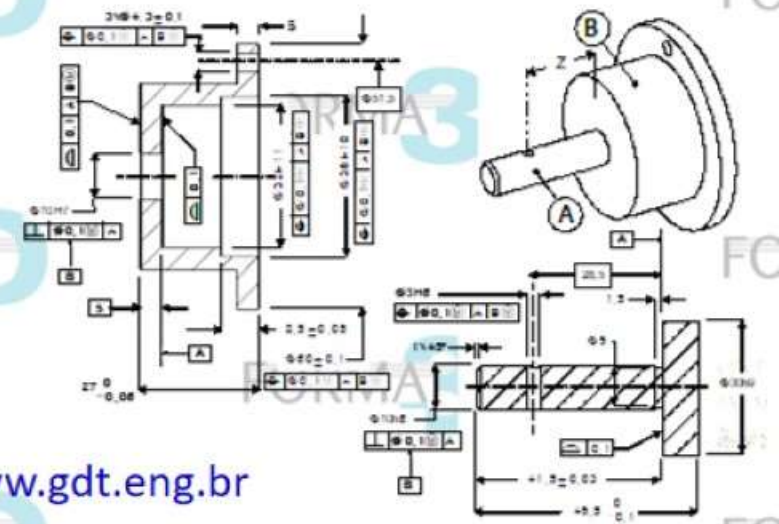
GD&T como Método e como Linguagem

- 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



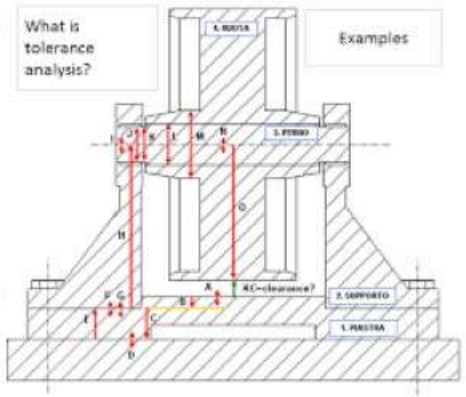




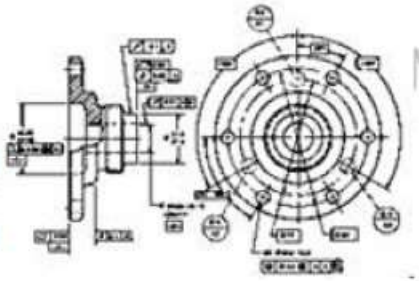
www.gdt.eng.br

Codificação e Decodificação

Análise de requisitos



Especificação Geométrica



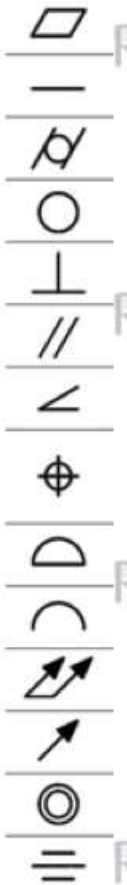
Codificação

Decodificação

Construção Geométrica

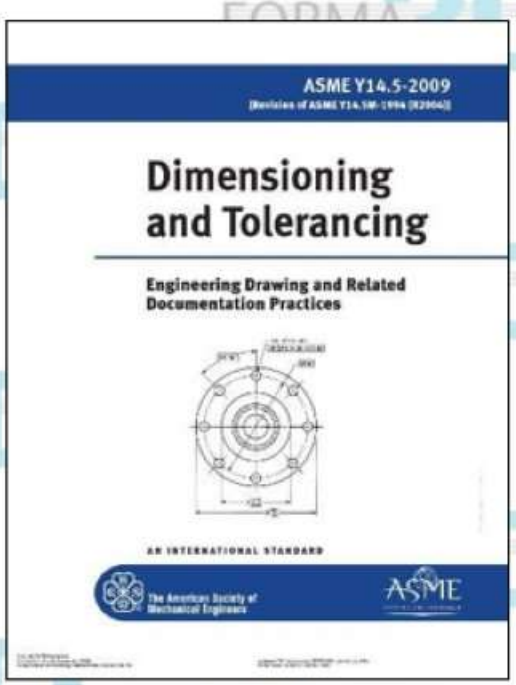
Controle Geométrico

Toda linguagem tem suas regras gramaticais e suas simbologias normatizadas



Normas ISO/GPS

Geometric Product Specification

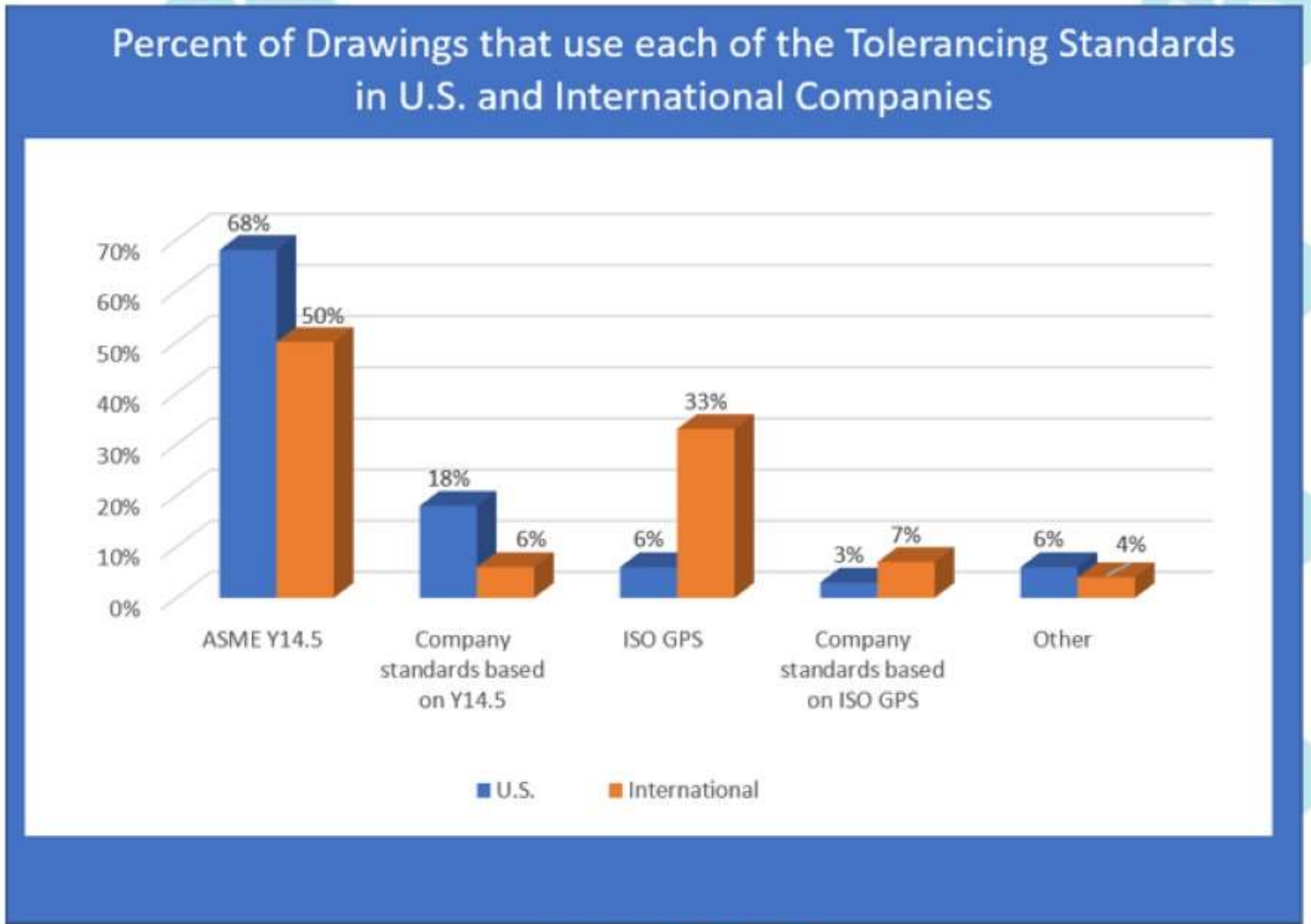


Norma ASME Y 14.5 - 2018

Geometric Dimensioning and Tolerancing

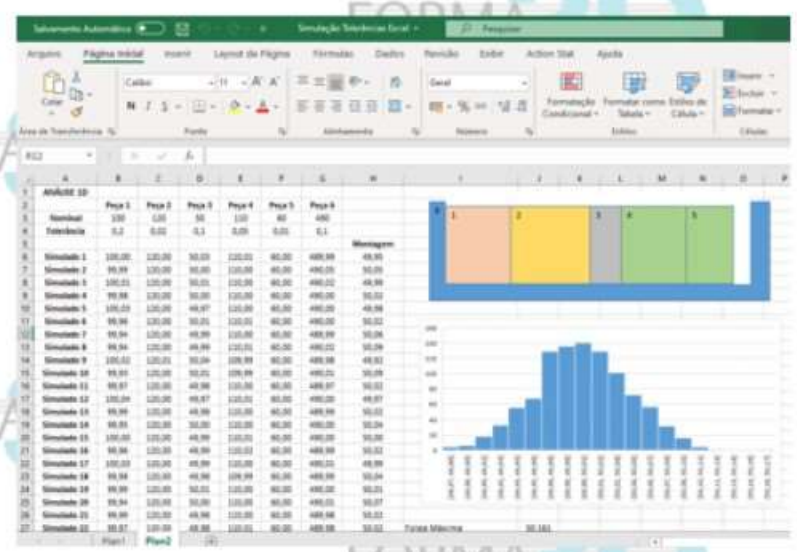
As normas ISO e ASME são diferentes em aspectos muito importantes que impactam nas atividades de medição!!

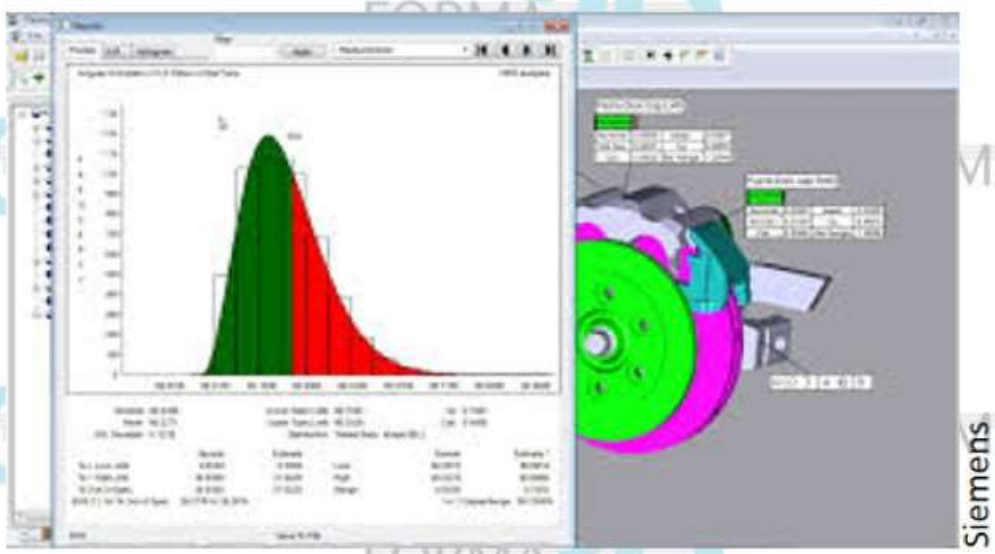
https://krulikowskiconsulting.com/survey-results-on-the-usage-of-iso-and-asme-y14-5-standards/



GD&T com Auxílio computacional

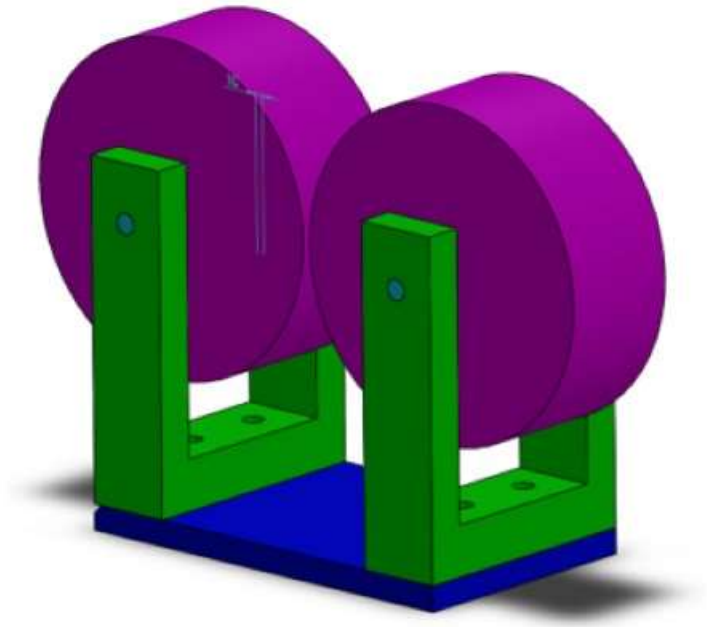
Recursos digitais são ferramentas poderosas para análise dos efeitos da variação dimensional dos componentes em uma montagem.

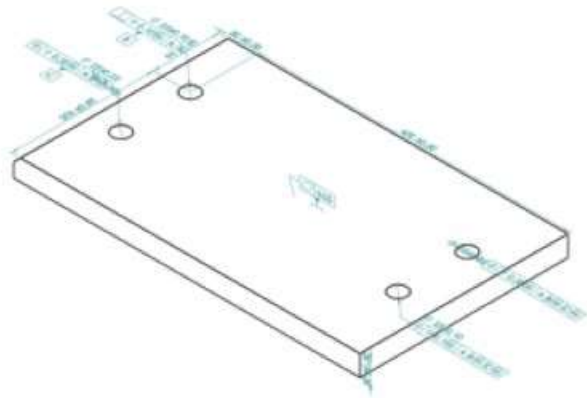


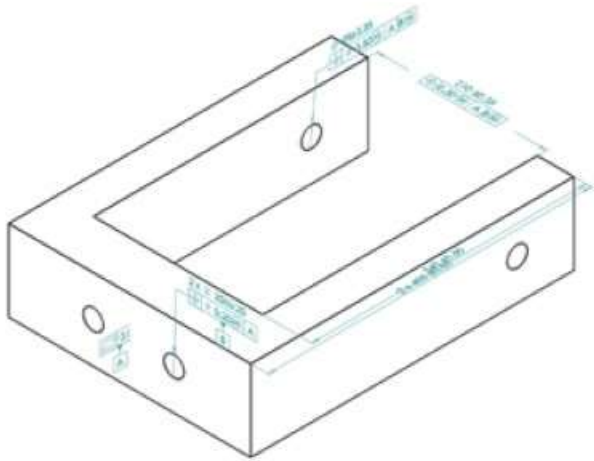


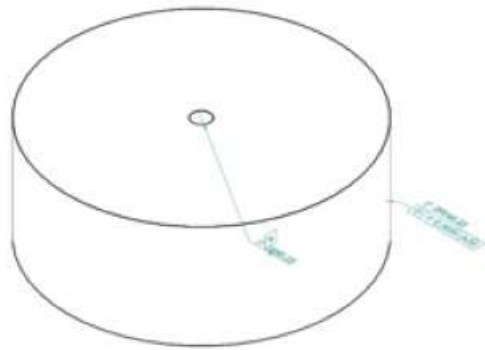
Siemens

Amadurecimento dimensional precoce do produto









Parâmetros de análise

- [x] Tolerâncias de orientação
- [ ] Normal ao recurso de origem
- [ ] Componentes de fixação e pinos flutuantes

Precisão da tolerância

3

Recalcular

Resumo da análise

Nominal:	10
Mín.:	8.947
Máx.:	11.577
RSQ mín.:	9.589
RSQ máx.:	10.732

Exportar resultados

Dados da análise e exibição

(•) MÁX ( ) MÍN

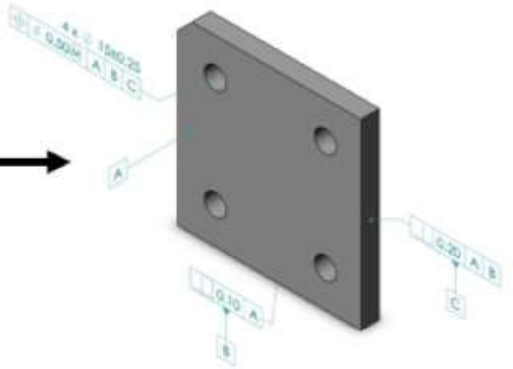
Contribuintes:

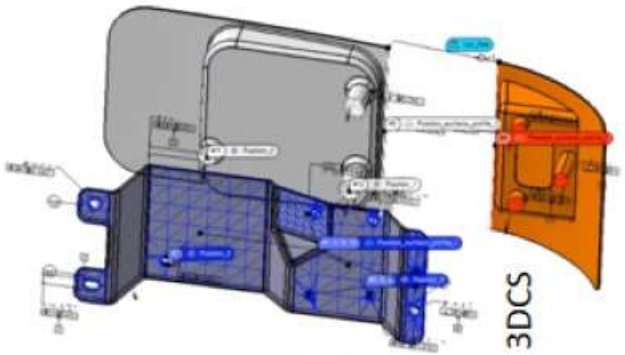
- Furo simples10@Peça1-1 = 27.39%
  - Posição1@Peça1-1
  - Diâmetro1@Peça1-1
- Furo simples10@Peça1-2 = 26.42%
  - Posição1@Peça1-2
  - Diâmetro1@Peça1-2
- Furo simples2@Peça2-1 = 22.76%
  - Posição2@Peça2-1
  - Diâmetro4@Peça2-1
  - Diâmetro5@Peça2-1
  - Diâmetro6@Peça2-1
- Furo simples3@Peça2-1 = 10.45%
  - Posição3@Peça2-1
  - Diâmetro4@Peça2-1
  - Diâmetro5@Peça2-1
  - Diâmetro7@Peça2-1
- Furo simples9@Peça1-1 = 6.68%

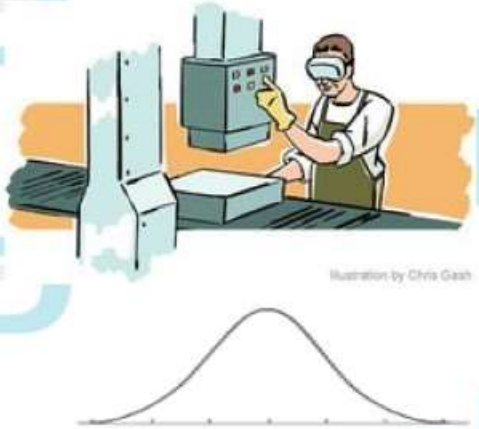
Solidworks

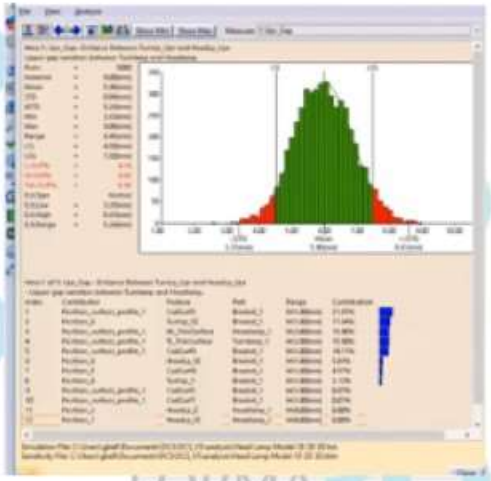
Amadurecimento dimensional precoce do produto

- Uso dessas tecnologias potencializa a geração de produtos “bem nascidos”
- Variações combinadas definidas nas tolerâncias já foram analisadas
- Tolerâncias definidas de modo racional ajustada a cada processo
- Previsibilidade quantitativa de não conformidades
- Geração de documentação digital concentrada no modelo 3D - MBD





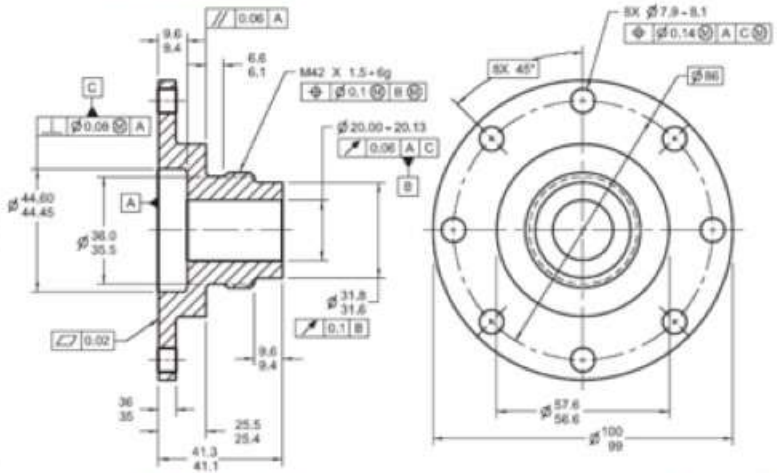




A codificação é fundamental pois orienta todo o caminho a seguir

Mas a decodificação é não menos importante

- Erros de interpretação levam a erros nos procedimentos de construção e medição



ASME Y14.5

Na Fabricação e na Medição

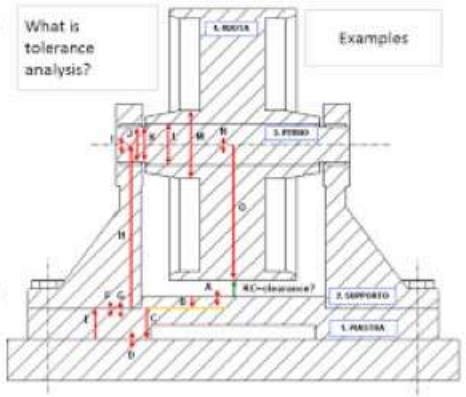
- Projeto de ferramentais, dispositivos e setup de processos
- Definição e aplicação de procedimentos de medição

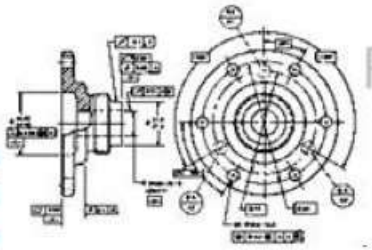
A mensagem contida na documentação de engenharia tem que ser entendida!

A mensagem contida na documentação de engenharia tem que ser entendida!

Análise de requisitos

Especificação Geométrica





Codificação

Decodificação

Construção Geométrica

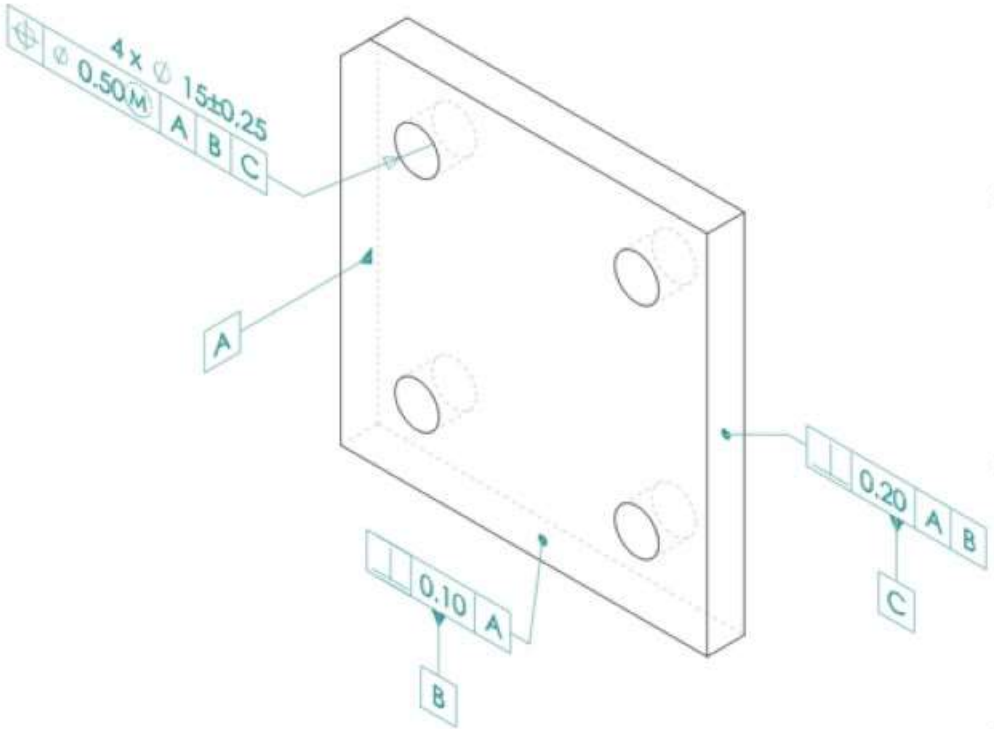
Controle Geométrico

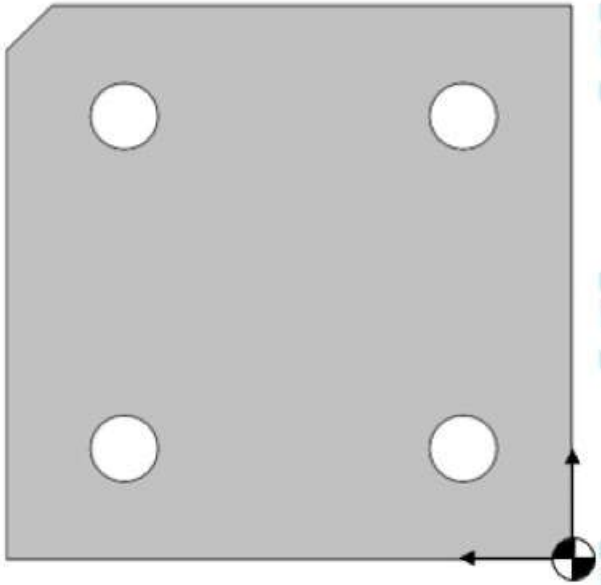
Leitura, interpretação, análise crítica e aplicação

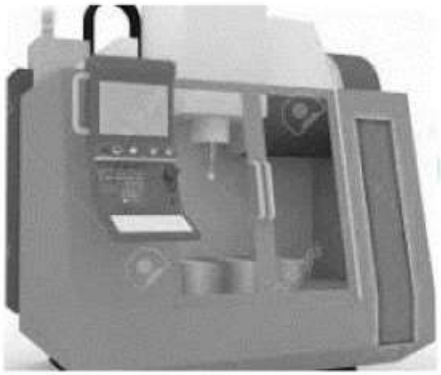
DESAFIOS DE GESTÃO E TECNOLOGIA

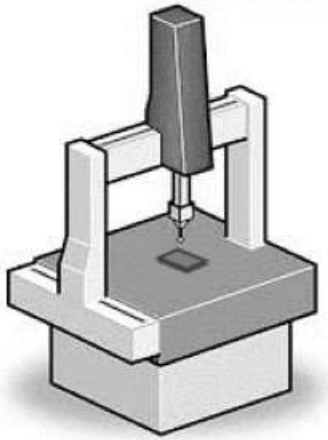
- ❑ CONHECIMENTO DOS SISTEMA DE ENGENHARIA CAD/CAE/CAM;
- ❑ CONHECIMENTO DE METALURGIA E PROPRIEDADES DOS MATERIAIS;
- ❑ PROLIFERAÇÃO DE NOVOS MATERIAIS E AUMENTO DA COMPLEXIDADE;
- ❑ DIFICULDADE DE INTERPRETAÇÃO DE TOLERÂNCIA DE PRODUTO E CONSTRUÇÃO;
- ❑ NECESSIDADE DE NOVAS HABILIDADES TÉCNICAS FRENTE A AUTOMAÇÃO DA OPERAÇÃO;
- ❑ ALTO INVESTIMENTO COM BAIXA TAXA DE RETORNO;

3. GD&T na Gestão Dimensional de Produtos



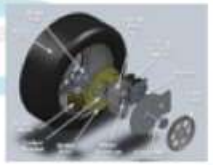
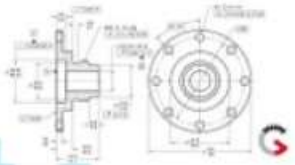


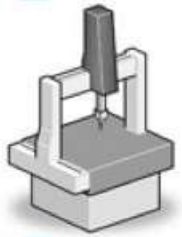




Projeto de dispositivos → Setup do processo → Procedimento de medição → Estratégia de correção

Incertezas do Projeto à Inspeção: ISO 17450-2



Função → Especificação → Construção → Verificação

- Função → Incerteza de Correlação
- Especificação → Incerteza de Especificação
- Construção → Incerteza do Método
- Verificação → Incerteza de Implementação

Incerteza de Medição

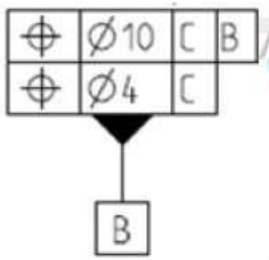
Incerteza na Análise de Conformidade

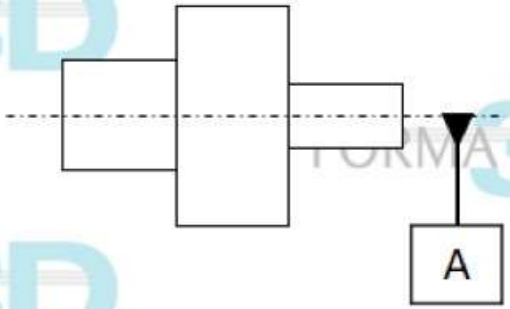
Incerteza Total

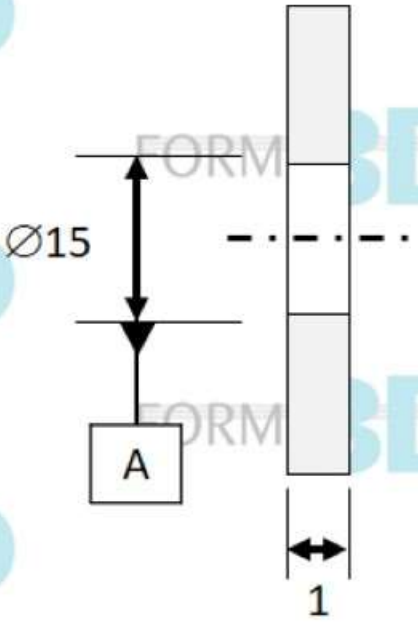
Desenhos “fora da lei”

Desenhos com especificações que não refletem os requisitos de montagem e função da peça.

Desenhos com especificações em desacordo com as normas de GD&T vigentes (ASME Y14.5, ISO/GPS, etc.).







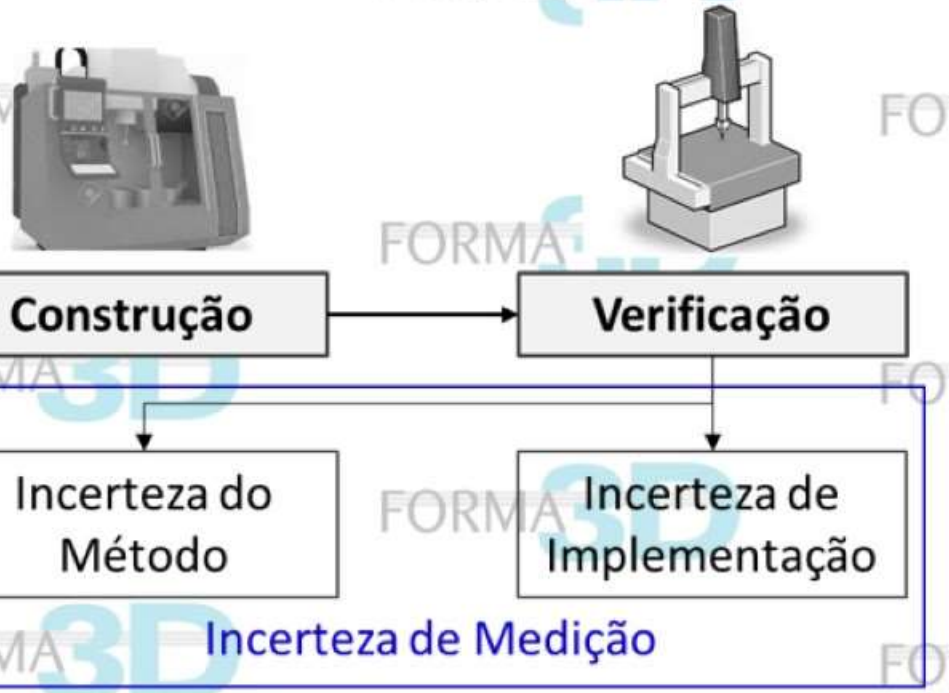
Ø18H7g6

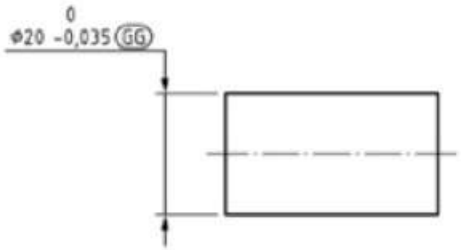
⌖	Ø 0,2 Ⓜ	A	B	C

Medições "fora da lei"

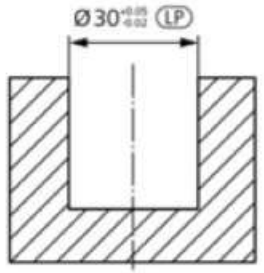
Métodos de medição em desacordo com os requisitos especificados

Processos de medição com erros acima do aceitável





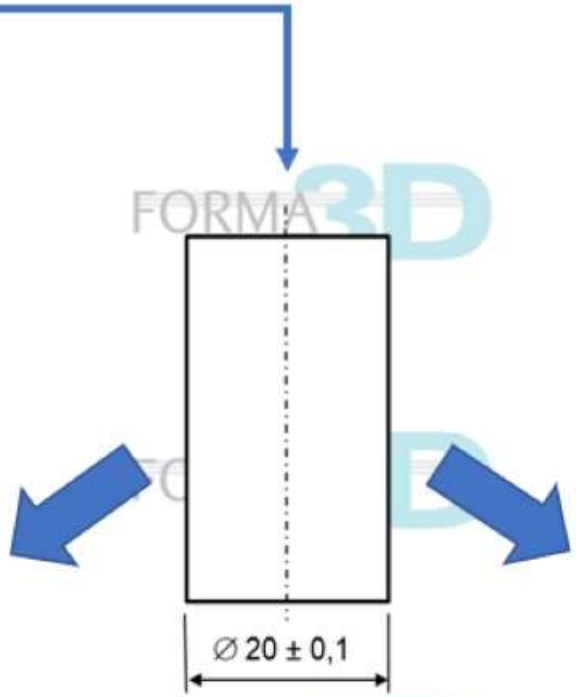
ISO 14405-2016

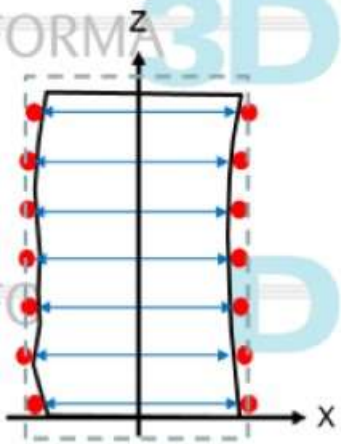


Situações frequentes:

- Entendimento errado e/ou incompleto do desenho.
- Peça especificada de acordo com a ASME Y14.5 medido como se fosse desenho ISO, e vice-versa.
- Estratégia de medição incorreta.
- Medições com exatidão incompatível com as tolerâncias.

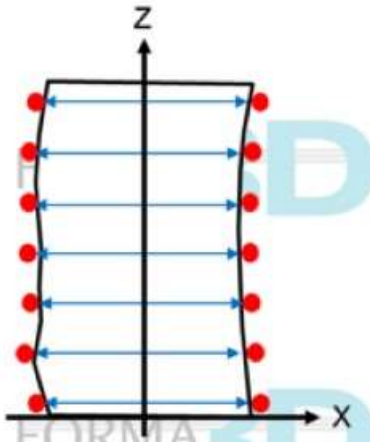
Exemplo: diâmetro de um pino





20,1: Total

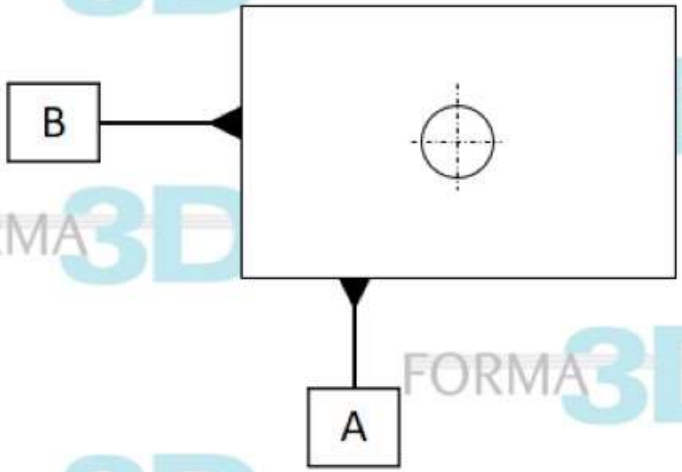
19,9: Local



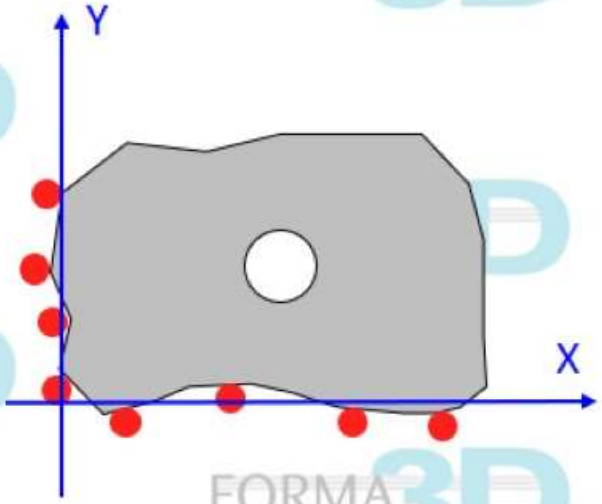
20,1: Local

19,9: Local

Desenho



Referência de medição definida pela própria peça (poucos pontos e ajuste por mínimos quadrados)



Os processos de medição extraem a informação geométrica necessária e possuem exatidão compatível com a tolerâncias?

Preparação da Peça

Cuidados com a Máquina e com o Ambiente

Escolha de pontas e calibração do apalpador

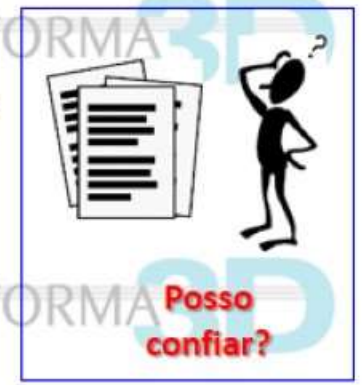
Interpretação do Desenho

IN

Alinhamentos Matemáticos

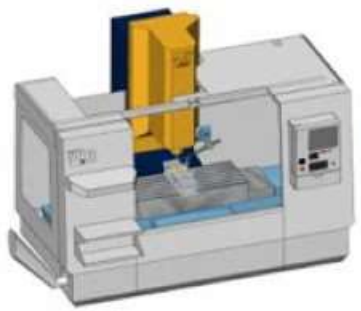
Geração de relatórios

OUT



Estratégia de apalpação

Processamentos Matemáticos



Consequências impactam da Qualidade e na Produtividade

Cuidado com os erros e o desperdício!

Eles se incorporam ao cenário com grande facilidade.

Se camuflam, ganham naturalidade e conquistam até defensores.

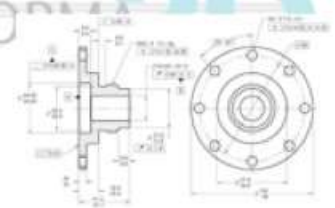
A Gestão Dimensional de Produtos não se resume à Especificação Geométrica

Conjunto de atividade relacionadas ao controle dos desvios geométricos e da previsão dos seus efeitos na qualidade do produto, ao longo do seu ciclo de vida.

Projeto robusto a variações dimensionais

Processos de produção com erros controlados

Estando o alvo está bem definido, é momento de aprimorar e assegurar a "mira do arqueiro".



"Tamanho do alvo"

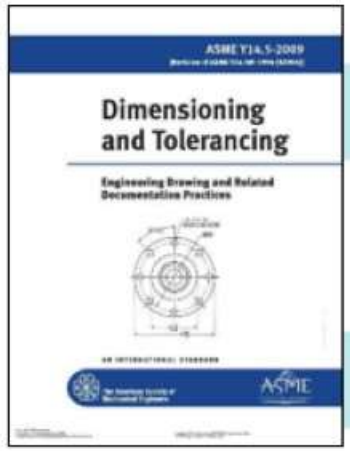
"Exatidão do Arqueiro"

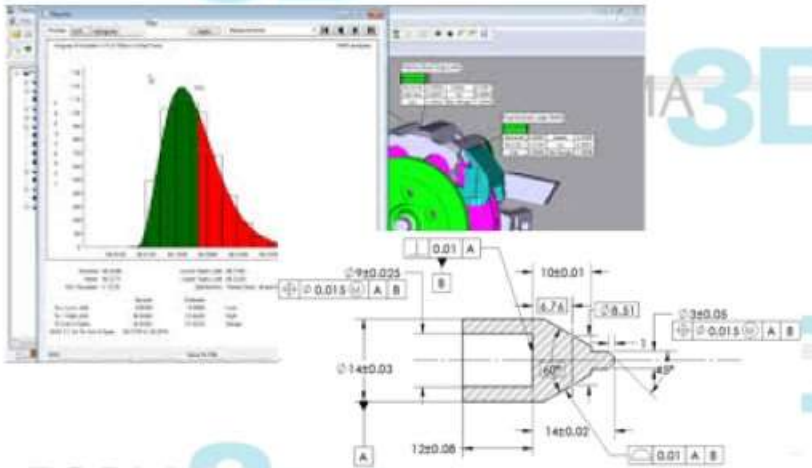
Tal qual um prédio, um processo tem que ser construído da base para o topo.

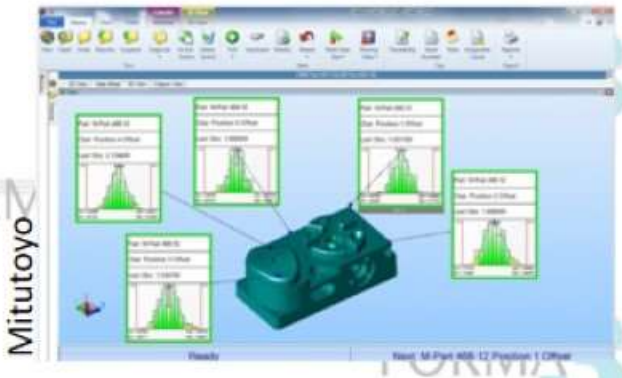
Na base de um processo capaz estão:

Mão de obra, Máquina, Matéria-prima, Medição, Meio ambiente e Método

Profissionais qualificados e atualizados, todos falando o mesmo idioma.







4. Controle dos Processos de Manufatura

Máquinas e ferramentais com boa exatidão e alta disponibilidade operacional:

Ensaios periódicos em máquinas e ferramentais permitem diagnosticar e corrigir problemas operacionais, potencializando ganhos de exatidão e de disponibilidade.

ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas

DEZ 1999 NBR NM-ISO 230-1

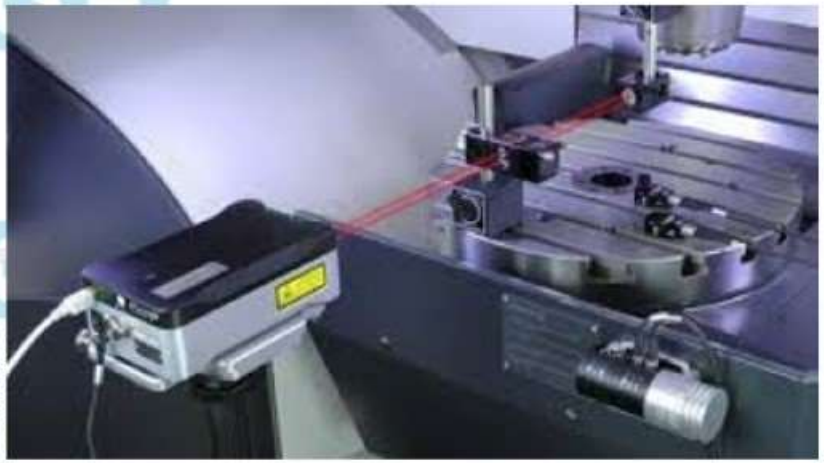
Código de ensaio de máquinas-ferramenta

Parte 1: Exatidão geométrica de máquinas-ferramenta operando sem carga ou em condições de acabamento

Origem: NM-ISO 230-1:1999
ABNT CB-04 - Comitê Brasileiro de Máquinas e Equipamentos Mecânicos
NBR NM-ISO 230-1 - Test code for machine tools - Part 1: Geometric accuracy of machines operating under no-load or finishing conditions
Descriptors: Machine, Machining
Esta Norma cancela e substitui a NBR 8527:1983
Válida a partir de 31.01.2000

Palavras-chave: Máquina, Usinagem | 63 páginas

Sumário
Prefácio nacional
Prefácio regional
Introdução
1 Objetivo
2 Considerações gerais
3 Operações preliminares
4 Ensaios prédicos
5 Verificações geométricas
6 Verificações especiais
Anexo A (informativo)
Anexo B (informativo)
Prefácio nacional



Renishaw

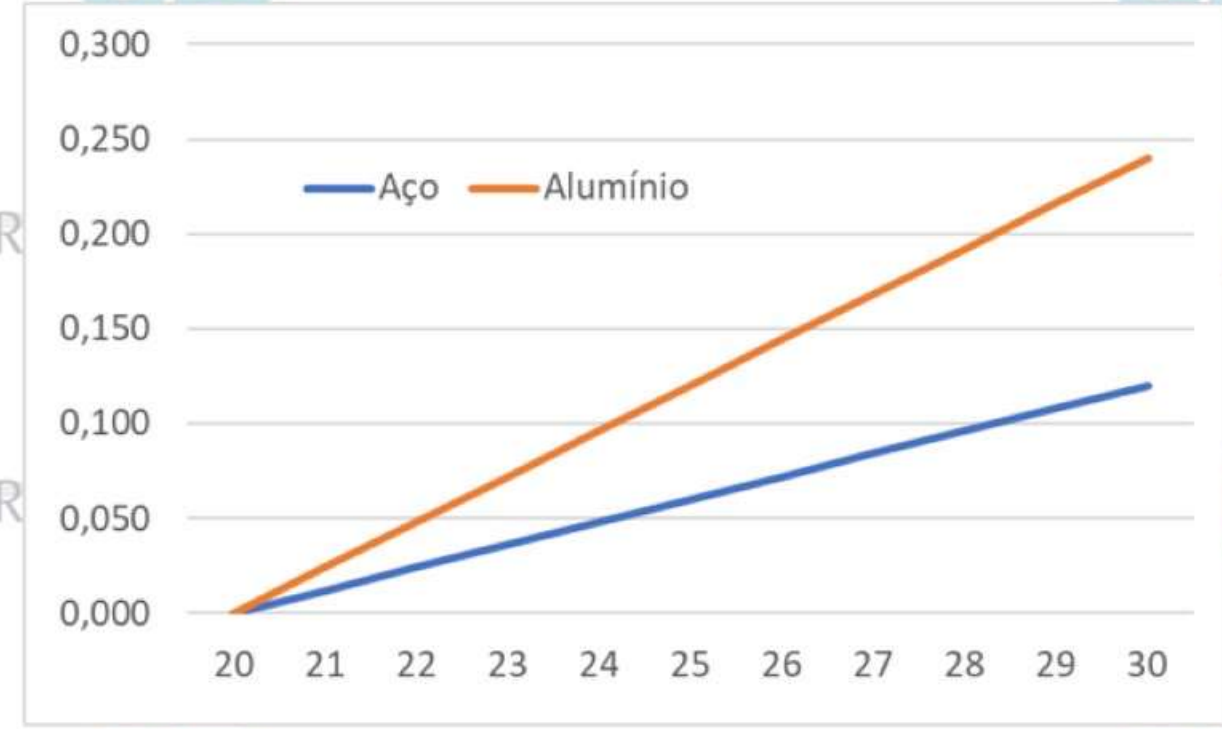
Prevenção e antecipação ao problema.

Ambiente com "hostilidade controlada", com sistemas robustos e insensíveis a ele.

- Temperatura
- Vibrações
- Poeira
- Umidade
- Etc.

Variação (mm)

Variação dimensional aproximada de uma peça de 1000 mm em relação a 20° C (ISO1)

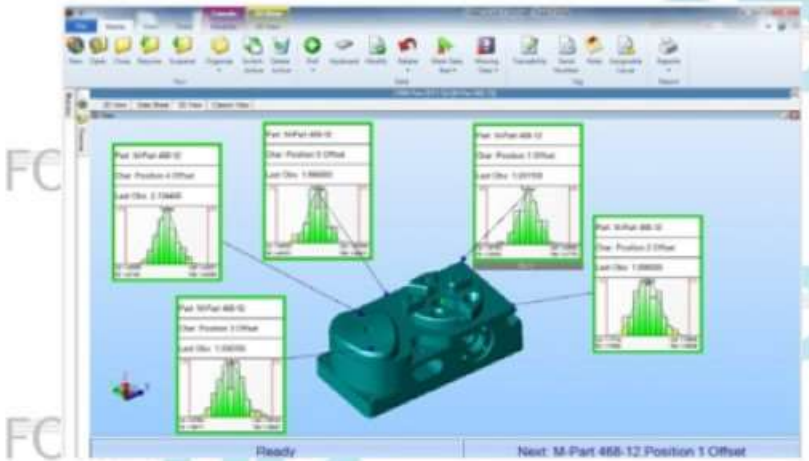


Medições integradas aos processos e análises dos dados gerados

Medições integradas no processo e com conectividade de dados

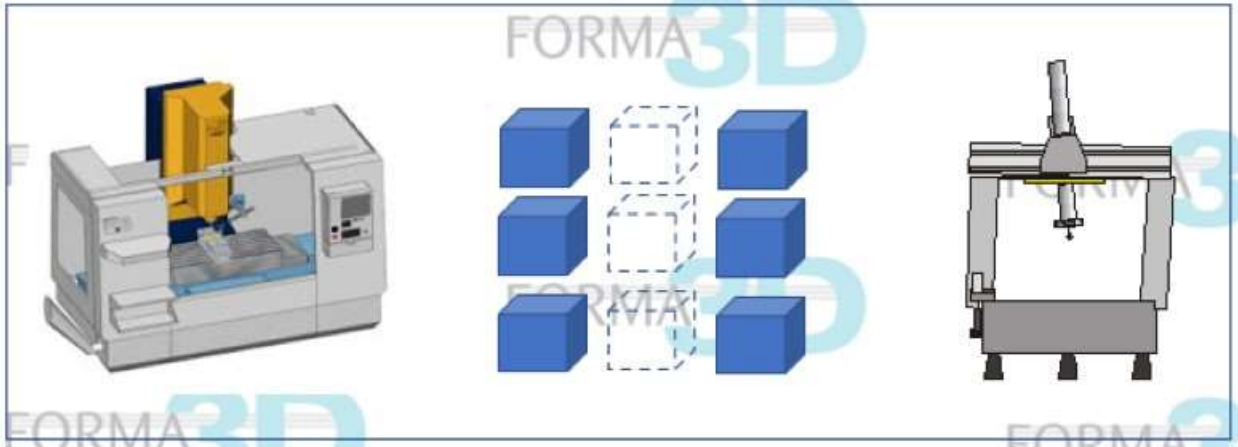
Emprego de ferramentas de CEP digital para coleta, monitoramento, análise e indicação de não conformidades

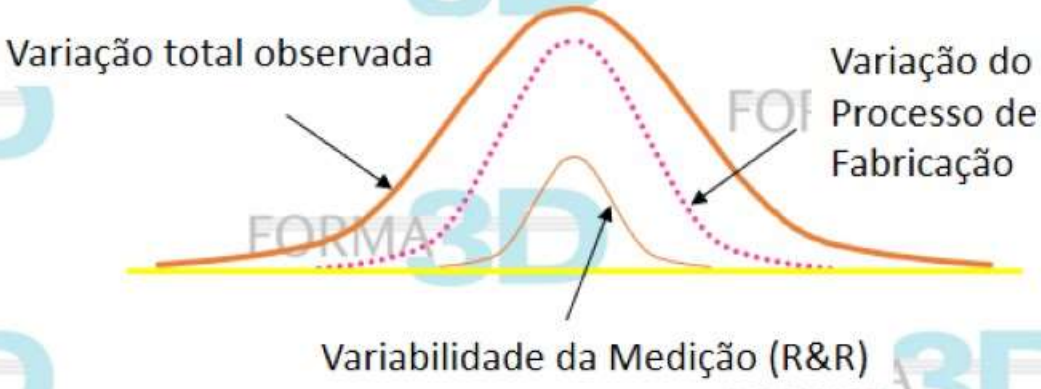
Mitutoyo



Confiabilidade dos dados de medição assegurada

Exatidão das medições compatível com os requisitos do processo assegurando baixa contaminação dos dados, comprovado por análises do processo de medição (MSA).

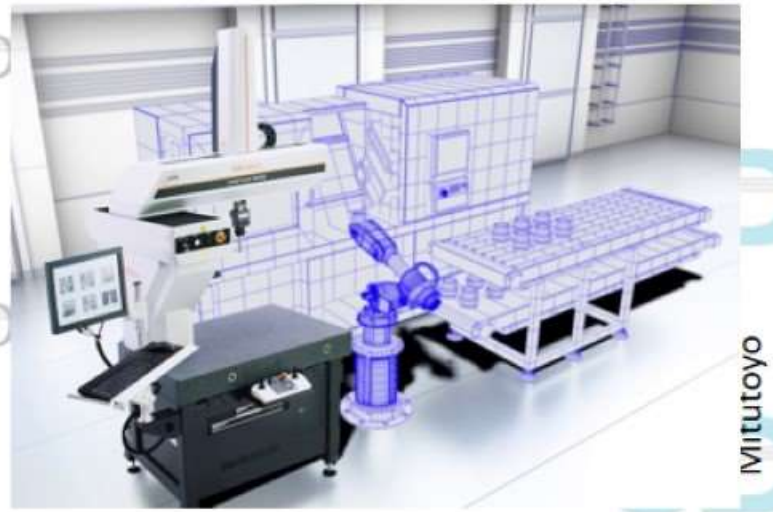


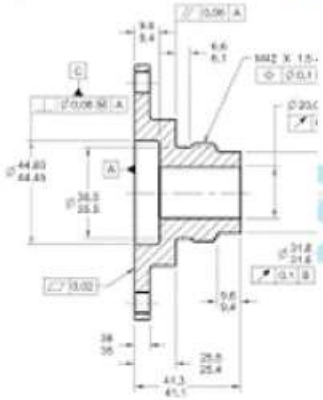


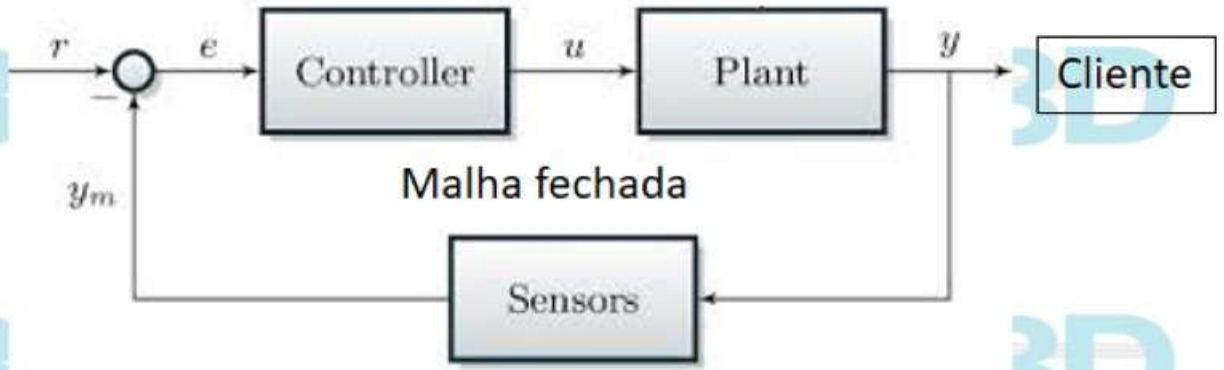
A variabilidade observada em qualquer processo produtivo é uma combinação da variabilidade inerente ao processo de fabricação com a variabilidade do processo de medição.

Informação represada gera falta de informação e de ação

- Fluxo de informações ágil
- Ações de correção rápidas e certeiras







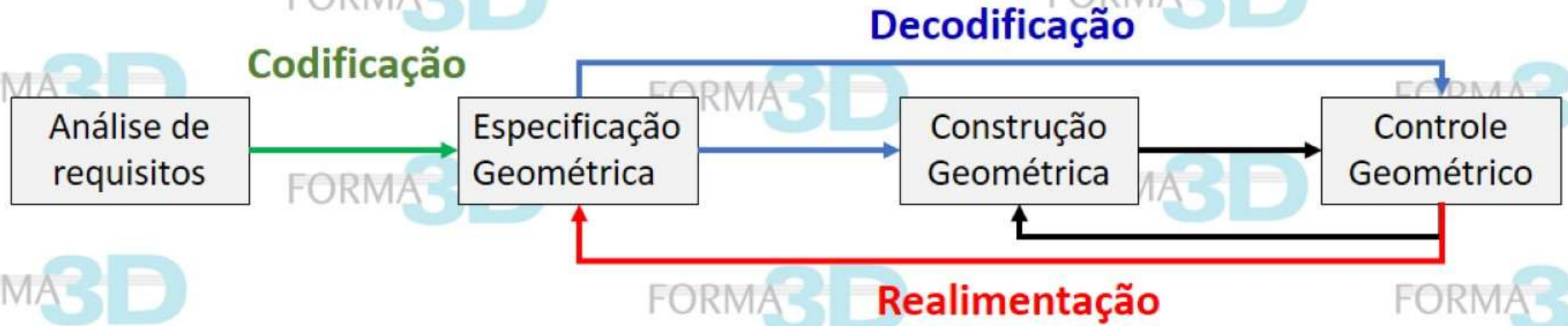
5. Conclusões

De modo amplo, a Gestão Dimensional evita problemas como estes:

- Projetos mecânicos conduzidos com base no achismo e em requisitos de exatidão imaginários, com tolerâncias que não refletem as necessidades reais dos sistemas mecânicos.
- Desenhos com especificação geométrica em desacordo com as normas técnicas mais atuais.
- Dificuldades na interpretação das especificações de desenho, gerando erros de comunicação e procedimentos errados de manufatura e medição.
- Processos de produção com equipamentos e/ou métodos antiquados, incapazes de atender as tolerâncias especificadas.
- Planos de controle dimensional não focados nas características que são realmente significativas. Mede-se o que não é importante. Deixa-se de medir o que é importante.
- Processos de medição com deficiências em máquinas e instrumentos, procedimentos, ambiente apropriado e/ou métodos de trabalho.
- Problemas de qualidade que geram conflitos com clientes e perdas de produtividade de produção.
- Processos ajustados na base da tentativa e erro, sempre correndo atrás do prejuízo com pouca ou nenhuma antecipação de ações, potencializando alto índice de desperdício

Caminho para a Gestão Dimensional

1. Definir requisitos dimensionais do produto
2. Determinar os requisitos dos produtos e dos processos
3. Assegurar documentação de projeto precisa
4. Elaborar planos de controle dimensional que validem os requisitos de produto
5. Assegurar a exatidão dos processos em atender as especificações de projeto
6. Realimentar o projeto com dados de produção



BONS EXEMPLOS CORPORATIVOS

BOEING

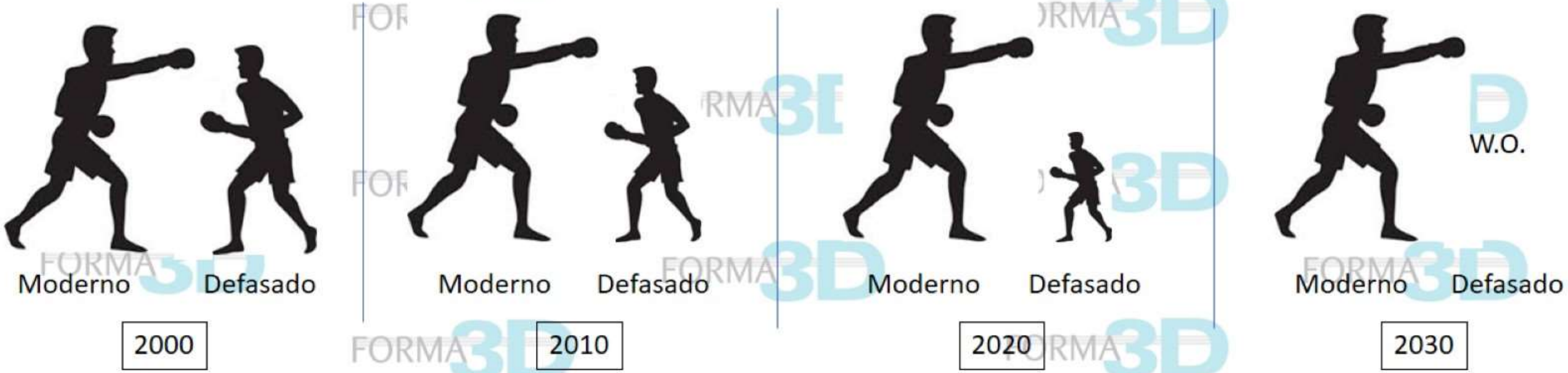
PORSCHE

Dimensional Management in Vehicle Development

A preventive quality assurance method

5. Conclusões

Os desenvolvimentos tecnológicos recentes têm tornado a competição cada vez mais desigual



Antes: Modernizar para Crescer

Agora: Modernizar ou Desaparecer

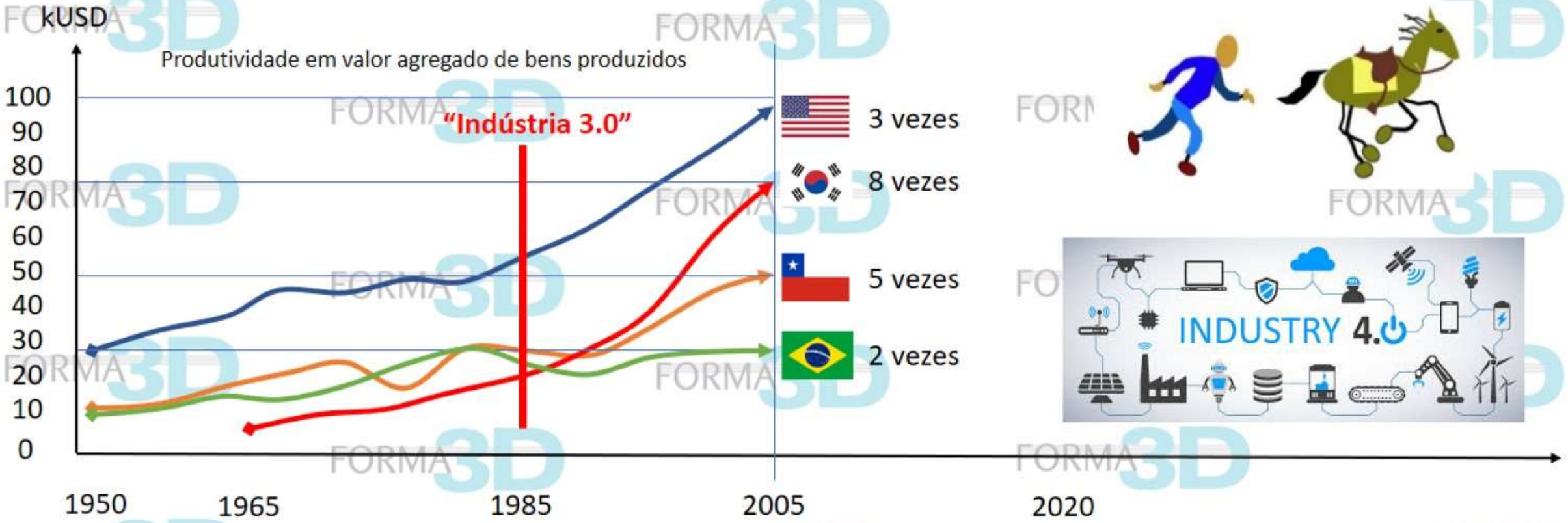
Cenário cada vez mais polarizado na indústria

Temos que ser mais produtivos!

5. Conclusões

Fonte: Groningen Growth and Development Center

https://www.rug.nl/ggdc/productivity/pld/



A Indústria não terá futuro se seguir usando métodos do passado

Temos que ser mais produtivos

Melhoria em movimento

Não temos mais muito tempo para as ações.
Não temos mais chance de errar nas ações.

Projeto → Manufatura → Inspeção → Montagem → Testes

Obrigado pela atenção.

andre@forma3d.com.br

Mitutoyo