

IMPORTÂNCIA DA FORMAÇÃO DE METROLOGISTAS 3D



Prof. André R. Sousa, Dr. Eng.
IFSC - Laboratório de Metrologia

20 de Maio de 2008.
Taubaté – SP

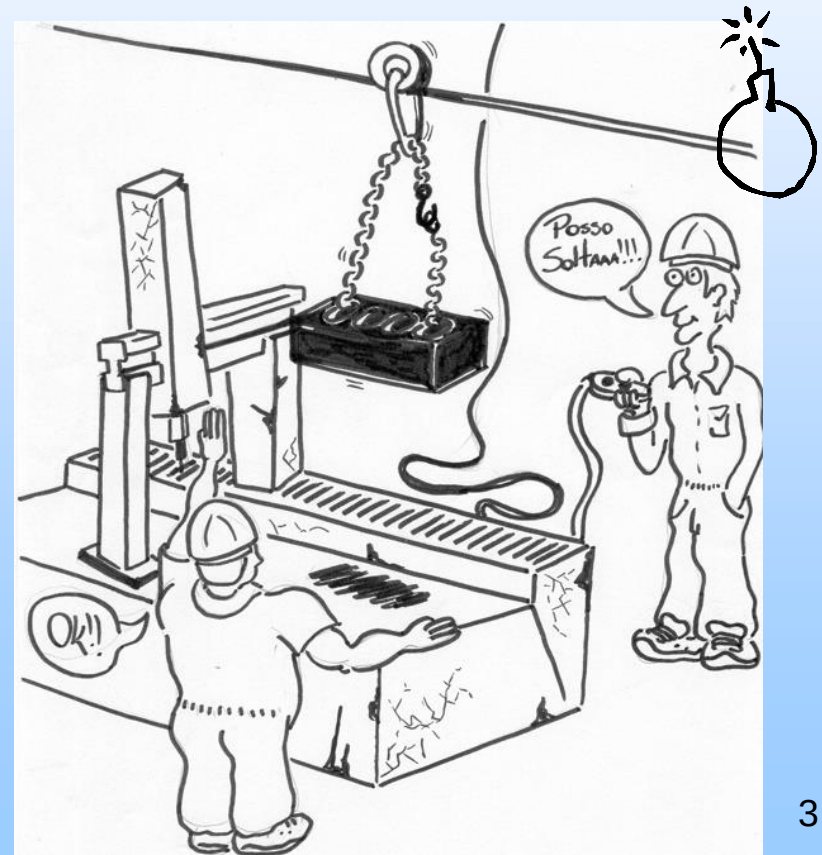
Introdução

- **Objetivos desta apresentação**
 - **Abordar a importância da formação metrológica dos profissionais envolvidos com a medição tridimensional**
 - **Apresentar os resultados de um programa de Formação Metrológica desenvolvido do Brasil, voltado para esta área.**

A “Calibração” do Elemento Humano

“O pessoal que executa atividades que afetam a qualidade do produto deve ser competente com base de educação, treinamento, habilidade e experiência apropriadas.

ISO/TS 16949



A MEDICÇÃO 3D NO BRASIL

Disseminação da Medição Tridimensional no Brasil

A medição tridimensional é atualmente o recurso metrológico mais poderoso que as empresas possuem para o controle geométrico de seus produtos.



Dea



Mitutoyo



Zeiss

Suas vantagens em termos de flexibilidade, automatização e exatidão, além de suas enormes potencialidades matemáticas têm motivado muitas empresas a adotarem crescentemente esta tecnologia para o controle dimensional de seus produtos.

Anos 80 – Chegada da tecnologia no Brasil

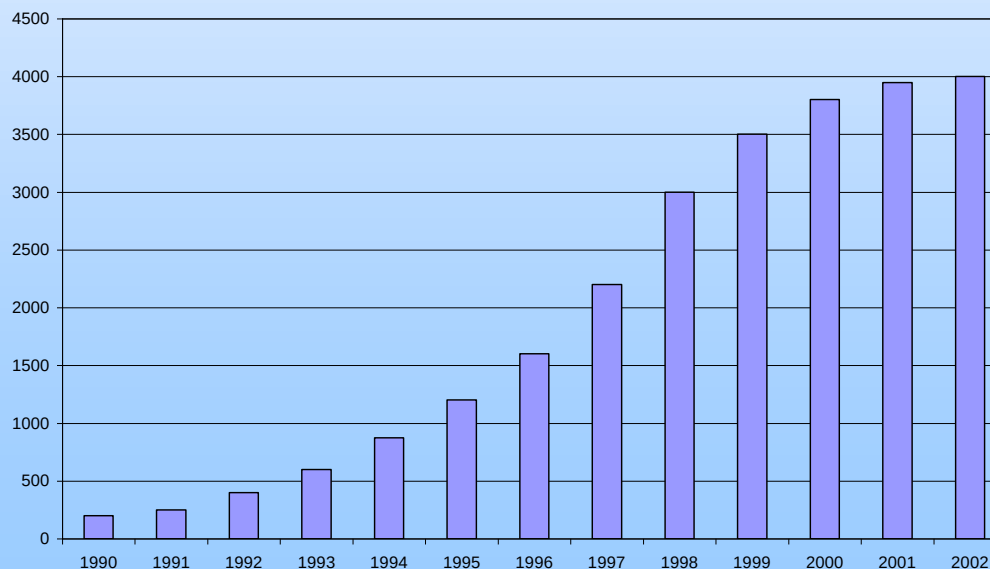
...

...

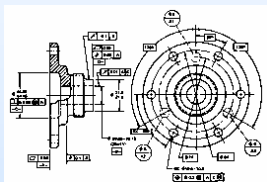
2008 – Cerca de 5000 máquinas de medir no mercado

**1983**

Máquinas

**2008**

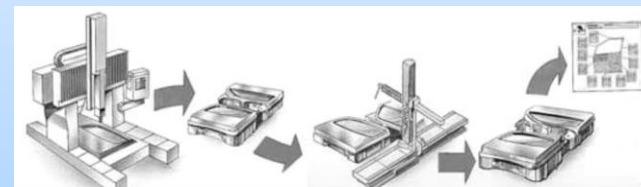
APLICADA EM TODO O CICLO DE VIDA DO PRODUTO



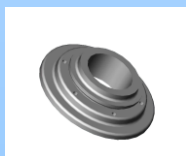
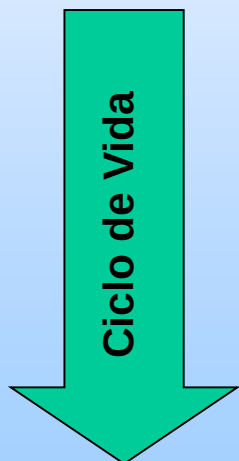
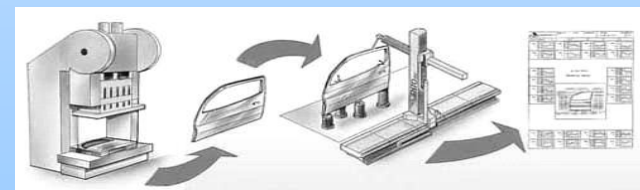
**Desenvolvimento de
Produtos**



**Desenvolvimento de
Processos**



Controle Seriado



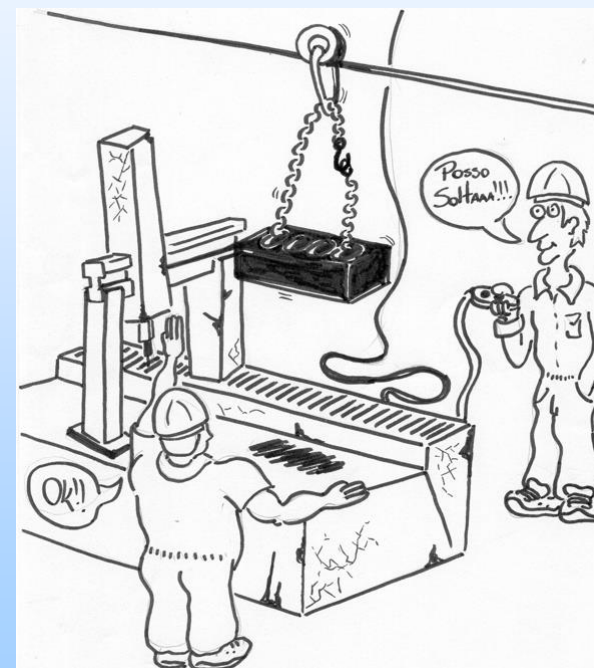
Mitos sobre a Medição 3D construídos ao longo do tempo

- A incerteza de medição é sempre muito pequena e qualquer peça pode ser medida; **Mito!**
- Operador não possui nenhuma influência no resultado pois a medição é automatizada; **Mito!**
- A aquisição da máquina é o único investimento necessário; **Mito!**
- O treinamento operacional no hardware é o único necessário. **Mito!**

Tecnologia não funciona sem pessoas qualificadas.

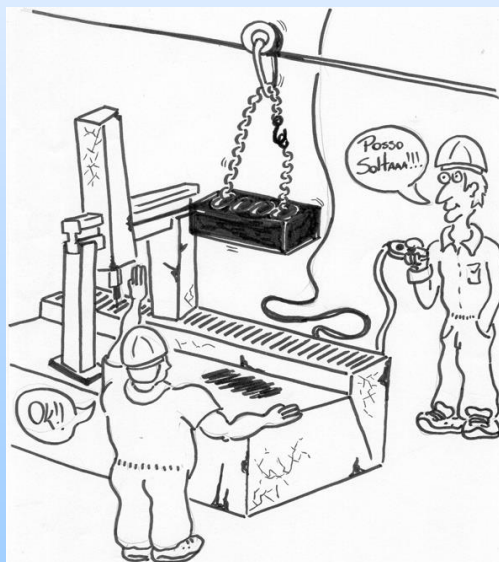
“A falta de qualificação metrológica do pessoal técnico da medição 3D (nosso e de fornecedores) tornou-se um dos mais sérios problemas observados na maioria das salas de medidas.

Mesmo os bons funcionários, que possuem uma ótima reputação profissional dentro das salas de medidas, geram informações erradas sem a menor desconfiança disso”.

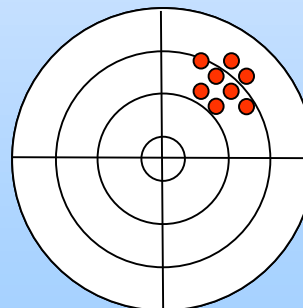


A tecnologia é poderosa mas é perigosa

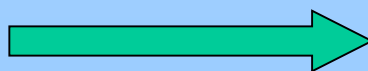
Práticas
inadequadas



Erros de medição
Danos nos equipamentos
Baixa confiabilidade

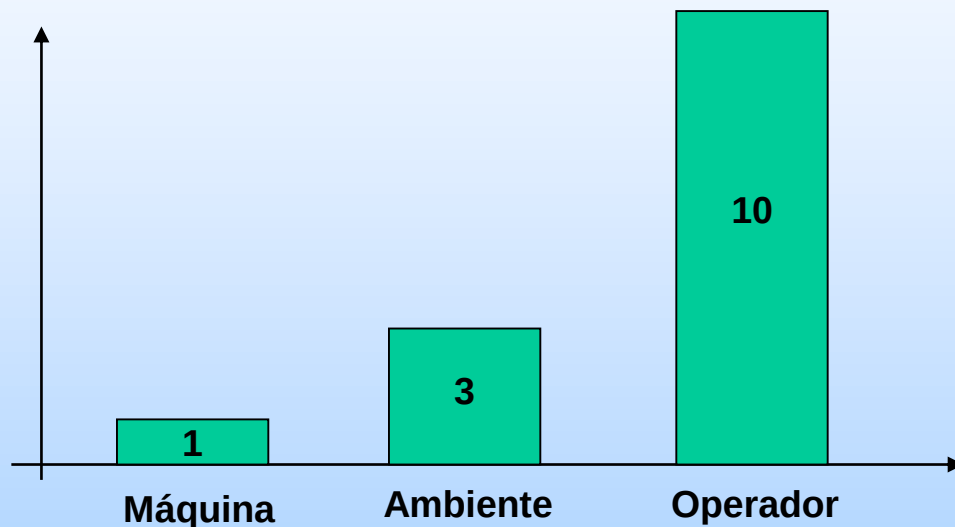


AÇÃO



REAÇÃO

Influência na
Incerteza final



Elemento humano é o elo fraco
em muitos processos de medição.

Medição → Número → Informação → Conclusão → Ação



Pequenas diferenças nos números podem
levar a grandes diferenças nas conclusões.

Alguns exemplos de fatores de influência

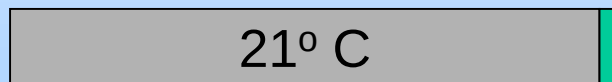
- Climatização da peça e da sala de medidas

Temperatura da peça

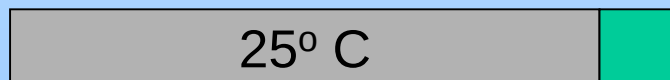
Dilatação



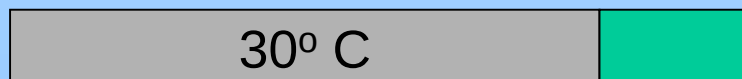
Zero



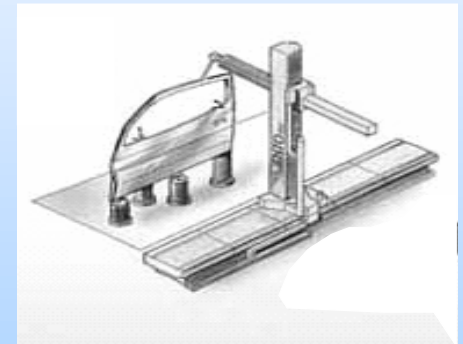
+ 0,012 mm



+ 0,058 mm



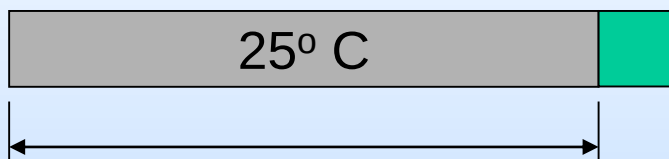
+ 0,115 mm



Peça de aço com
1000 mm.

Máquina a 20° C.

Analizando este caso:

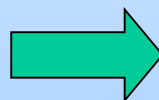


1000,000 mm

Especificação típica de
uma máquina tipo coluna:

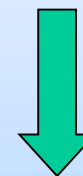
$$\text{MPE} < (25 + L/200) \mu\text{m}$$

$$\text{MPE} < 30 \mu\text{m}$$



Dilatação

$$+ 0,058 \text{ mm} = 58 \mu\text{m}$$



Erro pela dilatação térmica
já supera o da especificação
da máquina.



- Deformação da peça pelo dispositivo e por seu peso próprio:

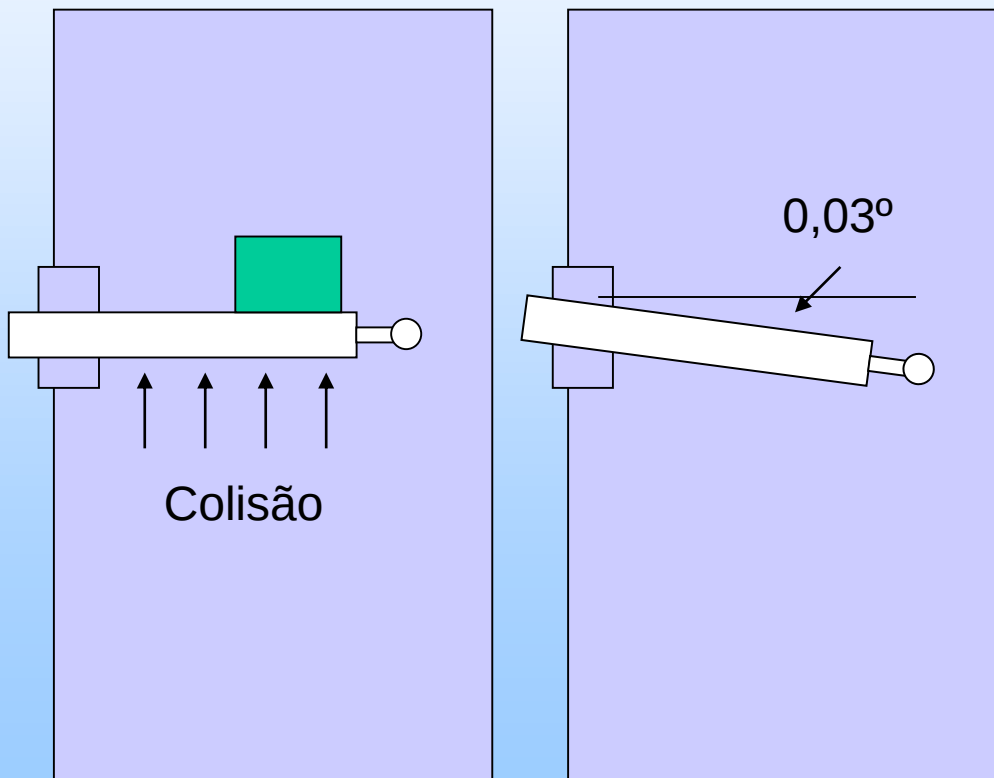


Medição da mesma peça retirando
e recolocando no dispositivo

Medição	Indicação (mm)
1	788,029
2	788,089
3	788,060
4	788,038
5	788,051

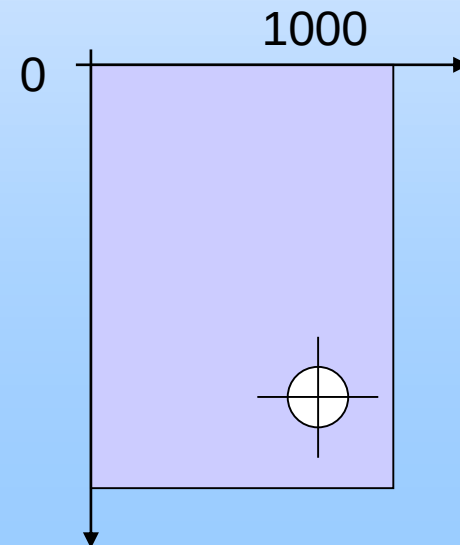
→ Incerteza (95%): $\pm 0,064$ mm

- Colisão da máquina com alteração na perpendicularidade entre eixos:



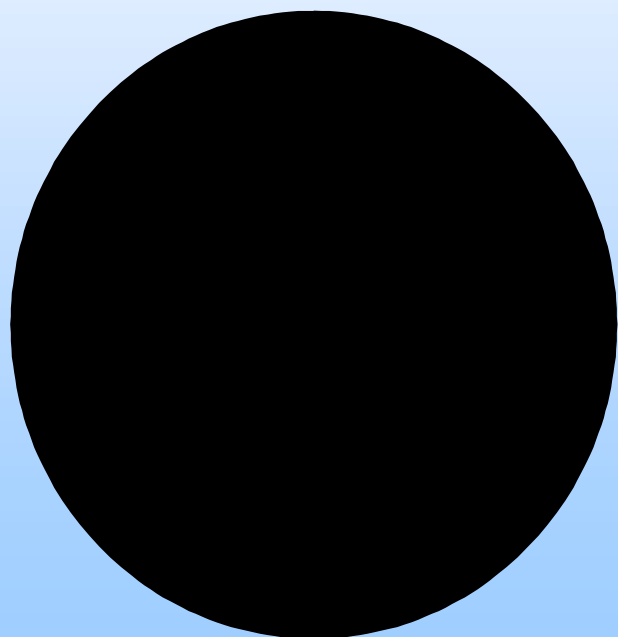
Consequência:

Erro de 0,5 mm na medição
da posição de um furo distante
1000 mm da origem (zero peça).

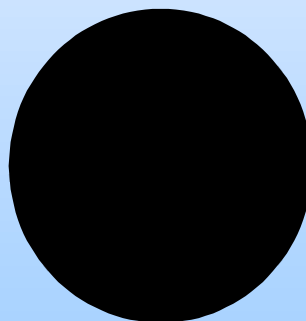


- Contaminação da peça, da esfera padrão e das pontas de medição:

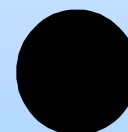
Qual o tamanho de 1 micrometro ?



Cerda de escova (0,1 mm)



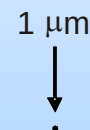
Fio de cabelo
(0,05 mm)



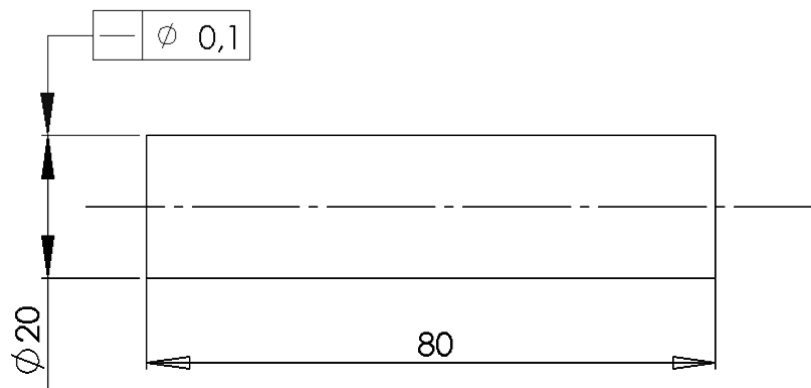
Fiapo de
algodão
(0,02 mm)



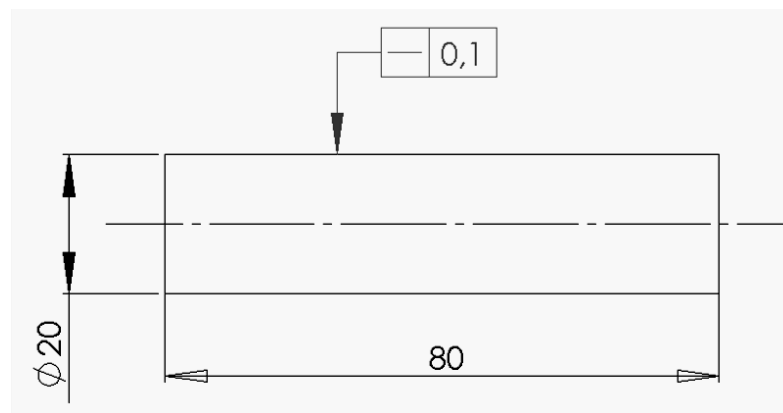
Célula do
nosso sangue
(0,004 mm)



- Erro na interpretação do desenho



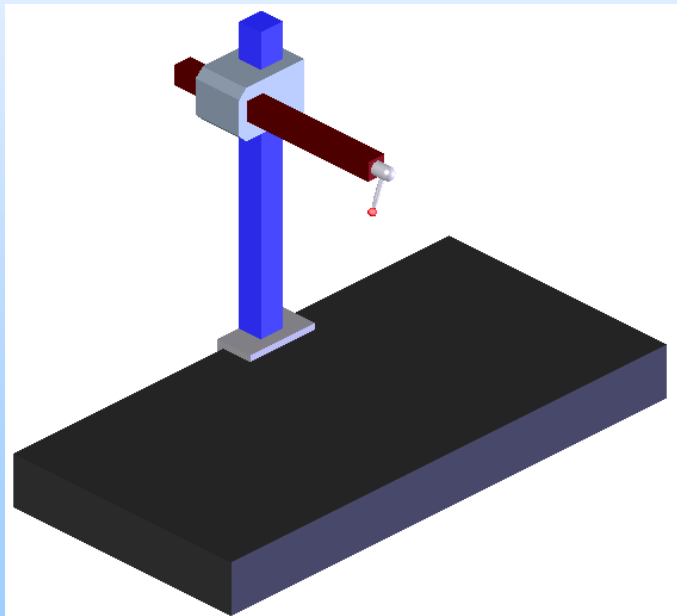
Retitude do eixo central

 $\neq$ 

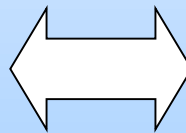
Retitude da geratriz

- Equipamento de medição inadequado para a peça:

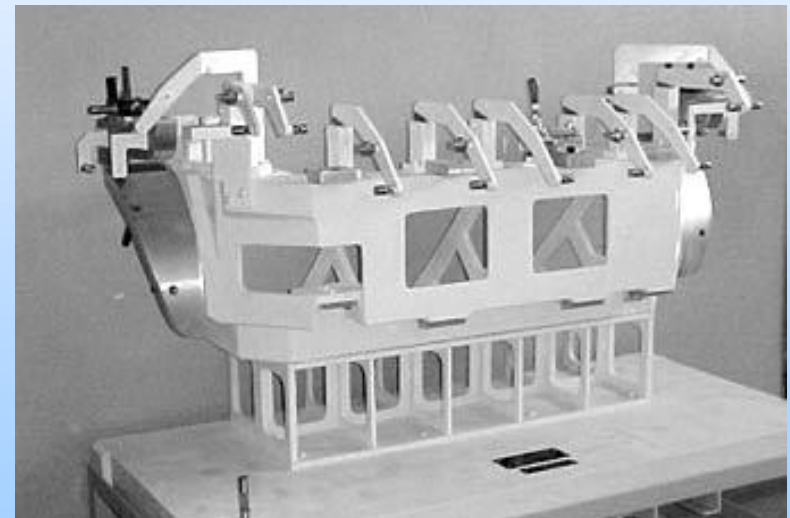
Máquina



Incerteza: $\pm 0,030$ mm



Peça



Dispositivo com Tolerância
de $0,030$ mm

- **Outros fatores de influência:**

Escolha das pontas

Calibração das pontas

Alinhamento matemático

Estratégia de apalpação (força, velocidade e direção)

Número e localização de pontos

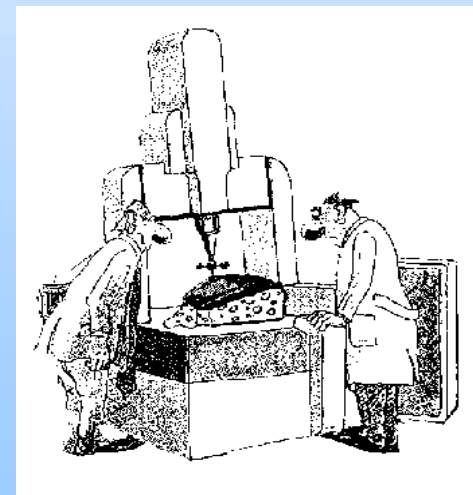
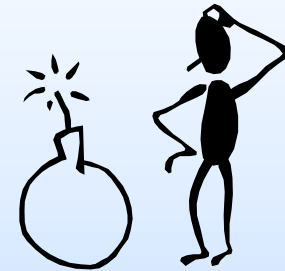
Forma de cálculo dos elementos (best-fit, máx-min, ...)

Processamentos dos resultados

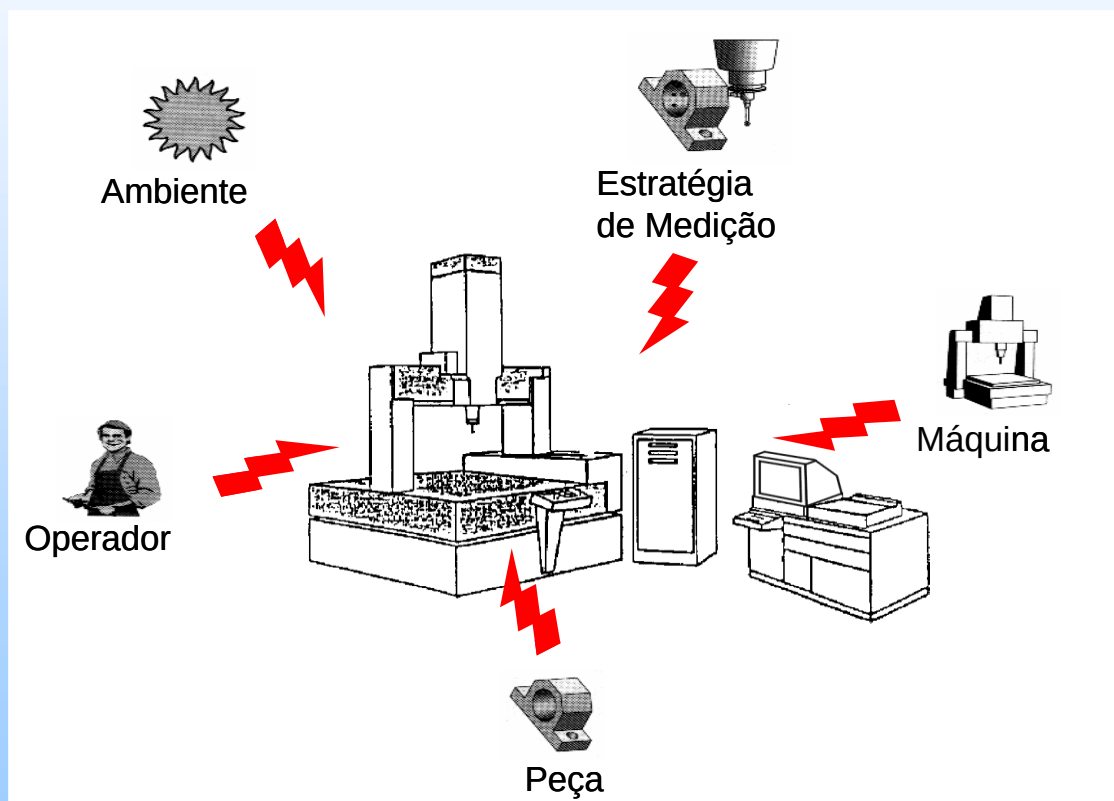
A máquina de medir

Erros de forma da peça

...



A medição Tridimensional não é perfeita



Metrologia não é uma Ciência exata!!

Conseqüências possíveis:

- Sub-utilização das potencialidades geométricas da Medição 3D;
- Pouca padronização de estratégias de medição. Resultados dependentes do operador;
- Desconhecimento de fatores de influência na exatidão das medições;
- Relaxamento de cuidados necessários;
- Emprego de estratégias equivocadas nas medições;
- Erros de medição, passando informações erradas para o controle da produção;
- Pouca utilidade dos resultados da medição para a melhoria de produtos e processos;
- Sub-aproveitamento do investimento realizado;
- Mau uso e conservação das Máquinas de Medir 3D.

Os Mitos precisam ser desconstruídos!!

- A incerteza de medição é sempre muito pequena e qualquer peça pode ser medida; **Mito!**
- Operador não possui nenhuma influência no resultado pois a medição é automatizada; **Mito!**
- A aquisição da máquina é o único investimento necessário; **Mito!**
- O treinamento operacional no hardware é o único necessário. **Mito!**

QUALIFICAÇÃO METROLÓGICA

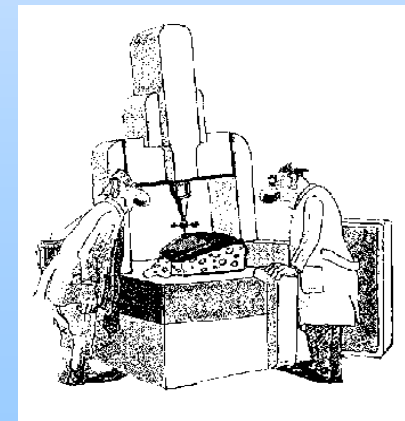
A melhoria passa pela qualificação dos Metrologistas 3D

*Para que uma **medição** seja **confiável** os **recursos humanos** são os elementos mais importantes do processo de medição.*

***Pessoas bem qualificadas**, que entendem os princípios e fenômenos que ocorrem durante uma medição, não só medem com maior exatidão mas também são mais **motivadas e comprometidas** para realizar ações que levem à **melhoria de produtos e processos**.*

Máquina
Ambiente
Peça
+ Operador

Processo de Medição



O Metrologista 3D

Profissional Metrologista que atua na operação e/ou programação de máquinas de medir por coordenadas, com o desafio de obter informações dimensionais úteis apesar dos processos de medição não serem perfeitos.

- Desafios particulares do Metrologista 3D:

A tecnologia de medição é essencialmente matemática

Os equipamentos são sofisticados

A operação é informatizada e automatizada

Intensa integração com outras áreas da empresa

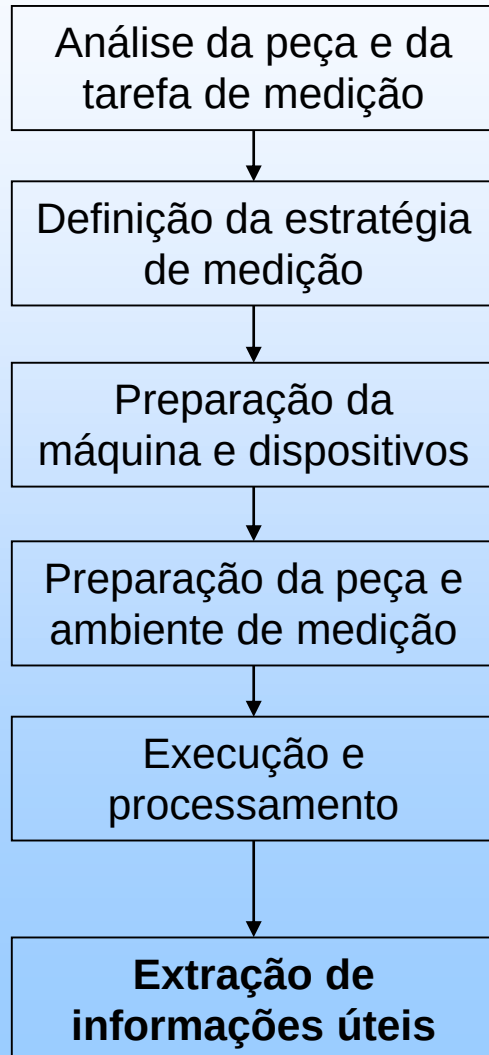
As peças são normalmente de alto valor agregado

As geometrias e/ou tolerâncias são exigentes

O entendimento do desenho é mais complicado

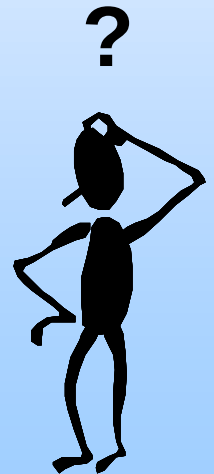
As tarefas de medição são mais complicadas

...



Na medição 3D são muitos os parâmetros sob influência do conhecimento do operador

- Conservação da Máquina
- Proteção do ambiente
- Entendimento do desenho e da tarefa
- Climatização e fixação da peça
- Tipo e diâmetro de ponta
- Calibração das pontas
- Programação CNC
- Número de pontos apalpados
- Posição dos pontos apalpados
- Estratégia de alinhamento
- Processamentos matemáticos
- Força e velocidade de apalpação
- ...



O Metrologista 3D

Que competências são necessárias?

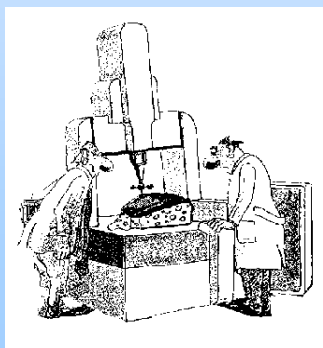
- Conhecimentos
- Habilidades
- Atitudes

- Desenho
- Tolerâncias (GD&T, RPS, ...)
- Estatística
- Metrologia Industrial
- Incerteza de Medição
- Raciocínio espacial
- Geometria analítica
- Lógica e programação
- Qualidade
- Computação gráfica
- Funcionamento do hardware da máquina
- Poder de análise
- Comportamento criterioso
- Saber operar o software
- Saber operar a máquina
- ...

O Metrologista 3D: Qualificação Operacional

Como é treinado?

Aquisição da Máquina → Treinamento Operacional → Hardware e Software



Usuário Qualificado
Para Operar a Máquina



Usuário 2

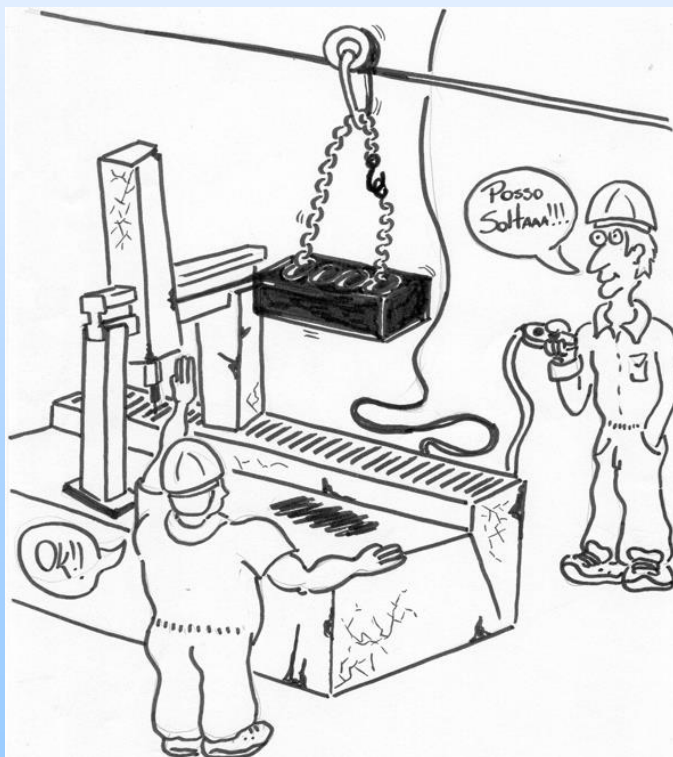


Usuário 3



Usuário n

A Qualificação Operacional é indispensável, mas não é suficiente.

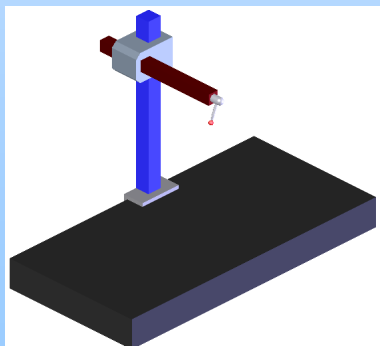
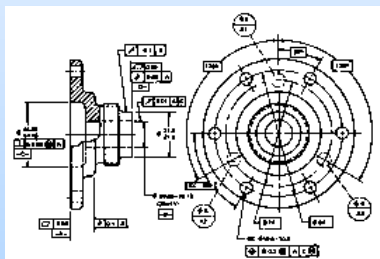


“Os operadores sabem muito bem como operar a máquina e o software, mas desconhecem fatores de influência sobre a medição, gerando resultados errados sem nenhuma desconfiança sobre isso.”

**Bom Maquinista
≠
Bom Metrologista**

Necessidade de Qualificação Metrológica

Demanda e recursos
disponíveis



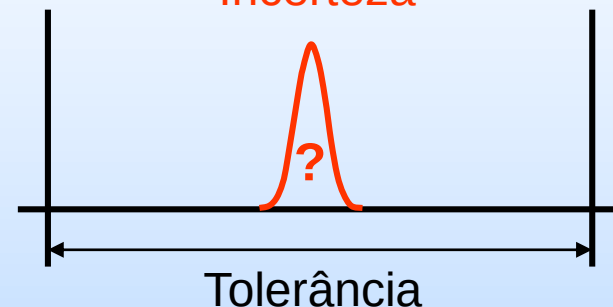
Montar processo
de medição

Verificar sua
confiabilidade

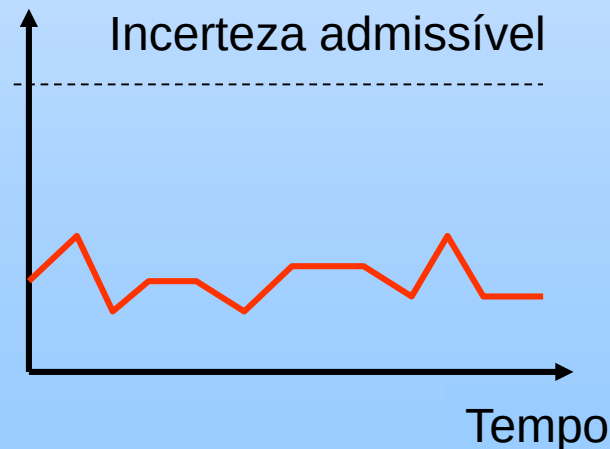
Validar e
Padronizar

Manter confiável
ao longo do tempo

Incerteza

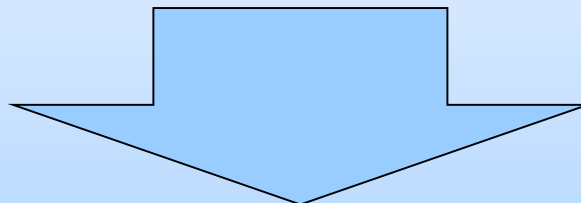


Incerteza admissível



Qualificação Metrológica

Conhecimentos, Habilidades e Atitudes para a garantia da confiabilidade metrológica dos resultados.



“Conviver com as imperfeições dos equipamentos, operadores, ambiente, etc. e ainda obter informações confiáveis que levem à tomada de decisões responsáveis e acertadas.”

O Metrologista 3D: Qualificação Metrológica

- Conhecimento dos princípios matemáticos envolvidos na medição
- Conhecimento do funcionamento e das limitações da máquina de medir
- Entendimento dos fenômenos que ocorrem durante uma medição
- Adoção de estratégias para montar um processo de medição confiável
- Habilidade para conduzir uma medição de forma segura
- Condições de atestar a confiabilidade de um resultado
- Competência para interagir com equipes multi-funcionais para melhoria de produto e processo
- Visão sistêmica da atividade de medição inserida no *business* da empresa, para fazer a metrologia agregar valor

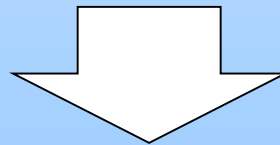
Qualificação Operacional

Habilidade na operação da Máquina e do Software de medição.



Qualificação Metrológica

Conhecimentos, Habilidades e Atitudes para a garantia da confiabilidade metrológica dos resultados.



METROLOGISTA 3D

CONHECENDO



Ano V

FORMA 3D

Formação Avançada em Metrologia 3D

FORMA3D: Formação Avançada de Metrologistas 3D

MOTIVAÇÕES



A carência na formação metrológica para o pessoal técnico envolvido com a medição 3D no Brasil.



A inexistência de um programa de formação dedicado para a função do metrologista 3D no Brasil.



O FORMA3D

O FORMA3D é um Programa de treinamento amplo e independente, focado em todos os conhecimentos, habilidades e atitudes necessárias para o pessoal técnico envolvido com a medição 3D desenvolver suas atividades com confiabilidade e eficiência.

Seu objetivo principal consiste em oferecer uma qualificação padronizada para os profissionais envolvidos com a medição 3D na Indústria Brasileira.



Conhecimentos

Habilidades

Atitudes



ESTRUTURA CURRICULAR



Nível A: Calibração de Máquinas e MSA
avançado para Medição Tridimensional



Nível B: GD&T avançado para Medição
Tridimensional e Programação CNC



Nível C: Métodos avançados para a Garantia da
Exatidão na Medição Tridimensional

ATIVIDADES TEÓRICAS E PRÁTICAS



RESULTADOS



2004 – 2005 – 2006 – 2007 – 2008



- 20 turmas realizadas
- 309 metrologistas 3D certificados
- 76 empresas participantes



S. Bernardo – SP

Mercedes-Benz



Abril, 2004



S. Bernardo – SP

Mercedes-Benz



Maio, 2004



Resende – RJ



Julho, 2004

São Paulo – SP

Mitutoyo



Abril, 2005

São Paulo – SP

Mitutoyo



Junho, 2005

São Paulo – SP

Mitutoyo



Outubro, 2005

São Paulo – SP

Mitutoyo



Março, 2006

São Paulo – SP

Mitutoyo



Junho, 2006

São Paulo – SP

Mitutoyo



Setembro, 2006

S. Bernardo – SP



Mercedes-Benz



Outubro, 2006

São Paulo – SP

Mitutoyo



Novembro, 2006

México



Dezembro, 2006

São Paulo – SP

Mitutoyo



Maio, 2007

São Paulo – SP

Mitutoyo



Junho, 2007

Fortaleza – CE

LAMETRO



Julho, 2007

São Paulo – SP

Mitutoyo



Agosto, 2007

São Paulo – SP

Mitutoyo



Outubro, 2007

S. J. Pinhais – PR

RENAULT



Novembro, 2007

São Paulo – SP

Mitutoyo



Novembro, 2007

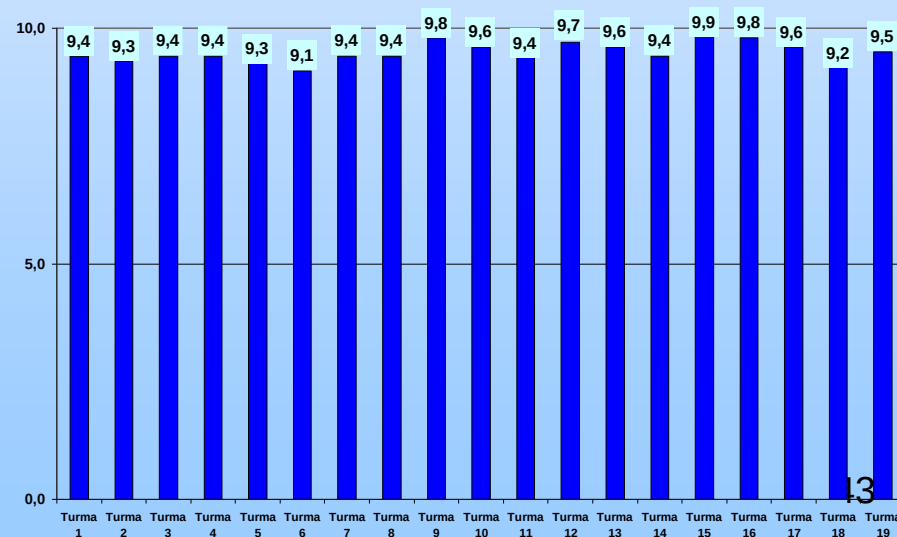
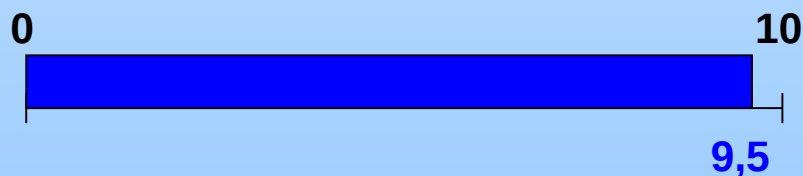
São Paulo – SP

Mitutoyo



Abril, 2008

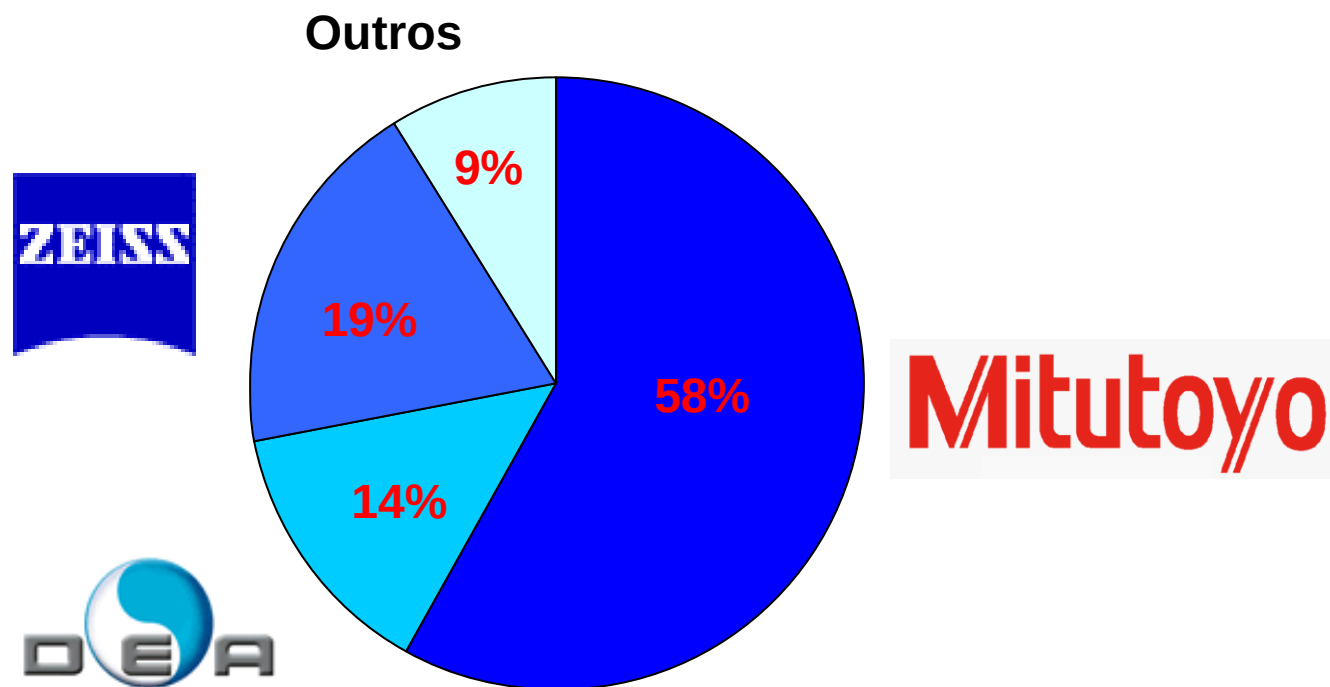
- Avaliação histórica dos participantes quanto ao curso:



Formação para usuário de qualquer tecnologia de medição

O FORMA3D é um programa de formação padronizado e independente do tipo de máquina ou software de medição. O objetivo do programa não é fornecer capacitação na operação de uma máquina ou de um software, mas fornecer uma qualificação metrológica ampla e avançada para o usuário fazer o melhor uso da tecnologia de medição por coordenadas.

Essa formação com foco no aspecto metrológico permite ao FORMA3D ser ministrado para usuários de qualquer tipo de máquina ou software de medição, como tem ocorrido de fato.



Empresas e Instituições participantes:

Actaris
Altona
Arim
Arvin Meritor
Axe
Benteler
Bitzer
Black and Decker
CEFET/RN
CENAM – México
Cidesi – México
CMM – México
Confab
Cummins
DaimlerChrysler
Dana
Durametal
Edag
Embraer

Emcon Technology
Estil
Inst. Pesq. da FEI
FE Fundação
FIAT Powertrain
Grauna Aerospace
Injetak
Honda
IVECO-FIAT
Knorr-Bremse
Kostal
Luk
Mahle
Métrica - México
Mitutoyo Brasil
Mitutoyo México
Musashi

MWM
Nissan
Pecval
PETROBRÁS
Peugeot-Citröen
Rempel
Renault
Renishaw
Rolls-Royce
Romi
PUC-Rio
Saintgobain
Sandvik
Senai – AM
Senai - CE
Senai-SP
Sew

Shaeffler
SLN
Soma
Soriani
Teksid
Thermon
Trans Tech
Troller - Ford
TRW
Turbomeca
UFC – LAMETRO
UFPE
UFRN – LAMETROL
Unipac
Valeo – México
Vibracoustic
Volkswagen Resende
Wayne
Wibra



CONCLUSÃO

*“Nenhum produto ou processo pode ser aperfeiçoado antes que seja conhecido de forma confiável através de uma medição e, neste sentido, a **confiabilidade da medição** é condição básica para a **melhoria contínua**.”*

*Para que uma **medição seja confiável** os **recursos humanos** são os elementos mais importantes do processo de medição.*

***Pessoas bem qualificadas**, que entendem os princípios e fenômenos que ocorrem durante uma medição, não só medem com maior exatidão mas também são mais **motivadas e comprometidas** para realizar ações que levem à **melhoria de produtos e processos**.*

*Neste contexto, a **qualificação metrológica dos recursos humanos** envolvidos nas tarefas de medição tem que ser uma **preocupação permanente para quem zela pela qualidade e excelência daquilo que produz.***”

Obrigado pela atenção.