

PMR-3101 – INTRODUÇÃO A MANUFATURA MECÂNICA

Aula 2

Metrologia e Planejamento da Fabricação

Prof. Delson Torikai

Sala: MS-12

E. mail: delsontorikai@usp.br

Metrologia Industrial

- Metrologia na engenharia: consiste na medição de dimensões
- Entende-se por medição o conjunto de operações para determinar o valor de uma grandeza

Metrologia = Metro (Medir) + Logia (Estudo)

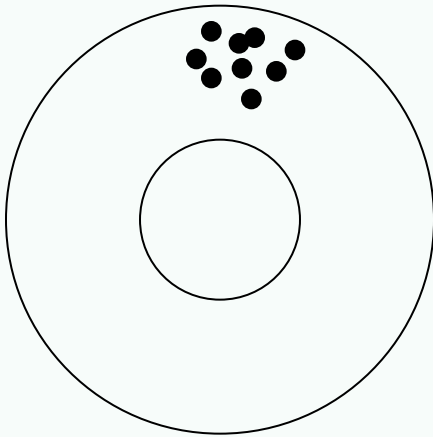
- A metrologia é uma das funções básicas a todo sistema de garantia da qualidade
- Para que se possa garantir a qualidade deve-se primeiro quantificá-la através do uso de instrumentos que devem ser calibrados em termos de unidades de medida padronizados como o metro, o quilograma, etc.

Medição

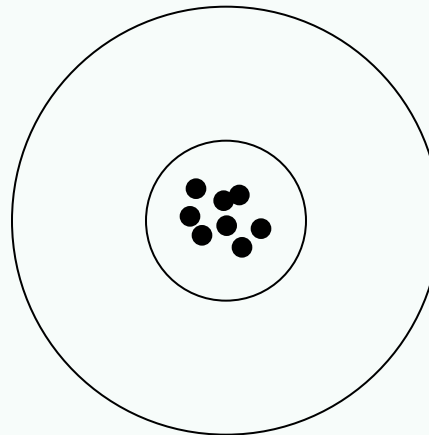
- Uma medida pode ser obtida através de duas maneiras:
 - **Comparação direta:** compara-se o objeto da medida com uma escala conveniente, obtendo-se um resultado em valor absoluto. Ex.: medição do diâmetro de um eixo utilizando um paquímetro
 - **Comparação indireta:** compara-se o objeto da medida com um padrão de mesma natureza ou propriedade, inferindo sobre as características verificadas. Ex.: controle de peças com calibradores passa-não-passa
- Medições podem ser feitas em 2 momentos no processo:
 - **Posterior ao processo:** feita depois que a peça foi produzida
 - **Durante o processo:** feita enquanto uma peça está sendo produzida

Precisão e Exatidão

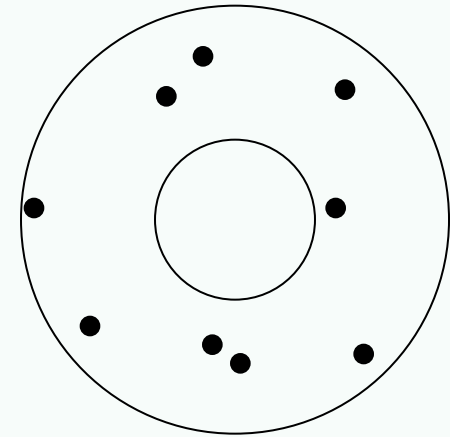
- **Exatidão de medição:** grau de concordância entre o resultado de uma medição e o valor verdadeiro do mensurando
- **Precisão da medição:** medida da variabilidade de uma medição calculada do desvio padrão de uma seqüência de medições
- Diferença entre precisão e exatidão:



Preciso e não exato



Preciso e exato



Não preciso e não exato

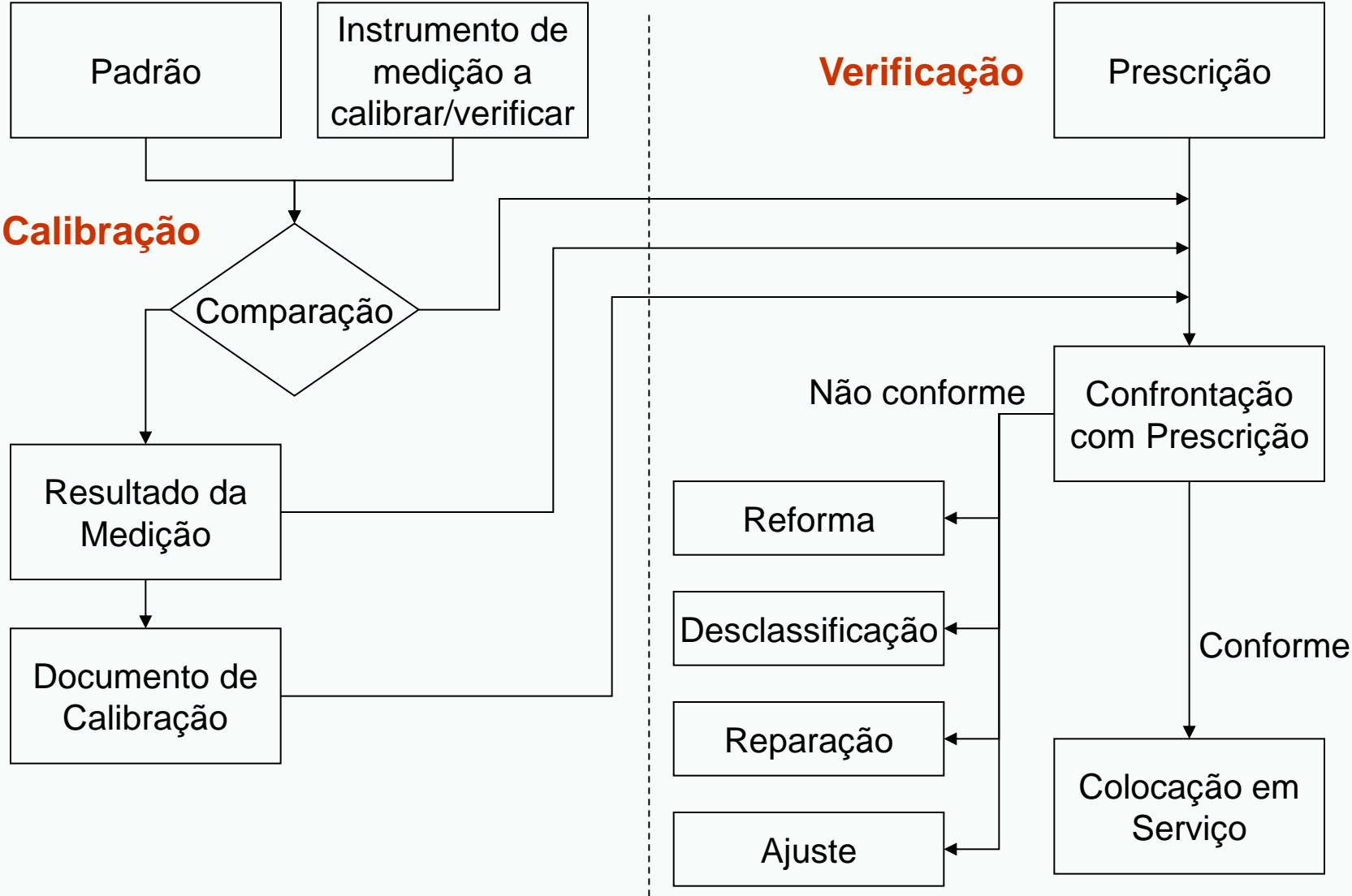
Erro na medição

- Nunca uma medição é exata, sempre existirá um certo **erro** na medição
- **Incerteza** é uma estimativa que caracteriza uma faixa de valores dentro da qual se encontra o valor verdadeiro
- **Erro** é a diferença entre a medida real e o valor obtido através do aparelho de medição
- Tipos de erros:
 - **Sistemáticos**: sempre presentes, levam a média das medições para uma direção. Ex.: variações na temperatura, deterioração da ferramenta, contaminação, etc.
 - **Aleatórios**: variações imprevisíveis que não podem ser controladas. Tem seu efeito minimizado quando se realizam várias medições. Ex.: leitura imprecisa da escala, força inadequada aplicada ao instrumento, etc

Calibração

- O VIM define como: “conjunto de operações que estabelecem, em condições especificadas, a relação entre valores de grandezas indicados por um instrumento de medição ou sistema de medição, ou valores representados por uma medida materializada ou um material de referência e os correspondentes valores realizados por padrões”
- As operações de calibração e de verificação são ambas baseadas na comparação do instrumento de medição com um instrumento padrão de modo a determinar a sua exatidão e verificar se essa exatidão continua de acordo com a especificação do fabricante
- Na calibração é recomendado que se utilize um instrumento padrão com incerteza de 10 a 5 vezes menor do que a incerteza do instrumento a ser calibrado

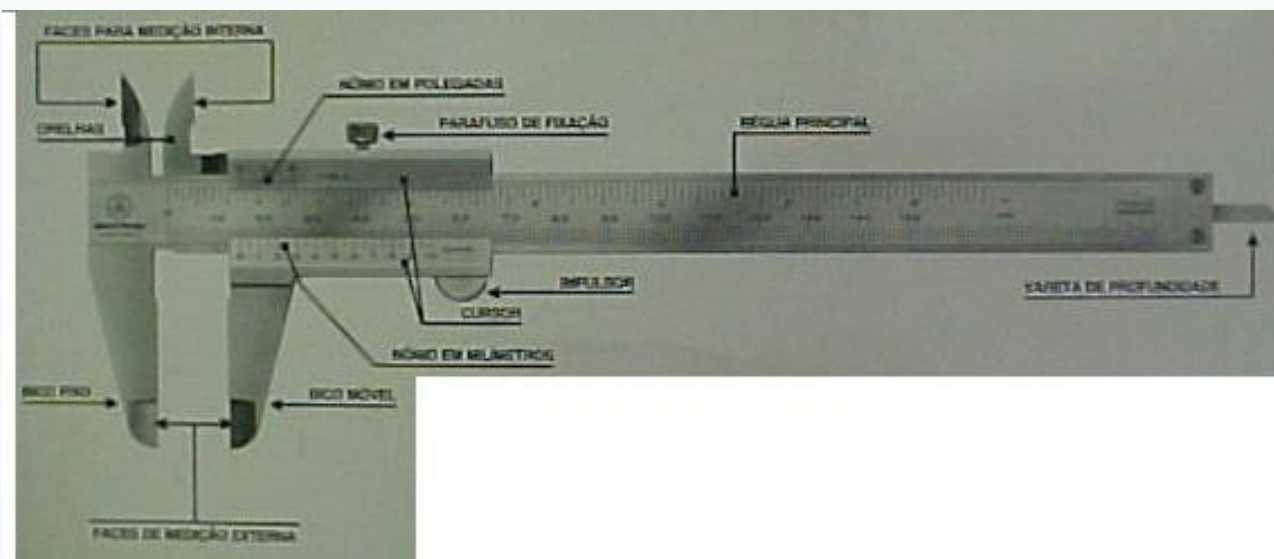
Processo de Calibração/Verificação



Instrumentos de medição

- Paquímetro

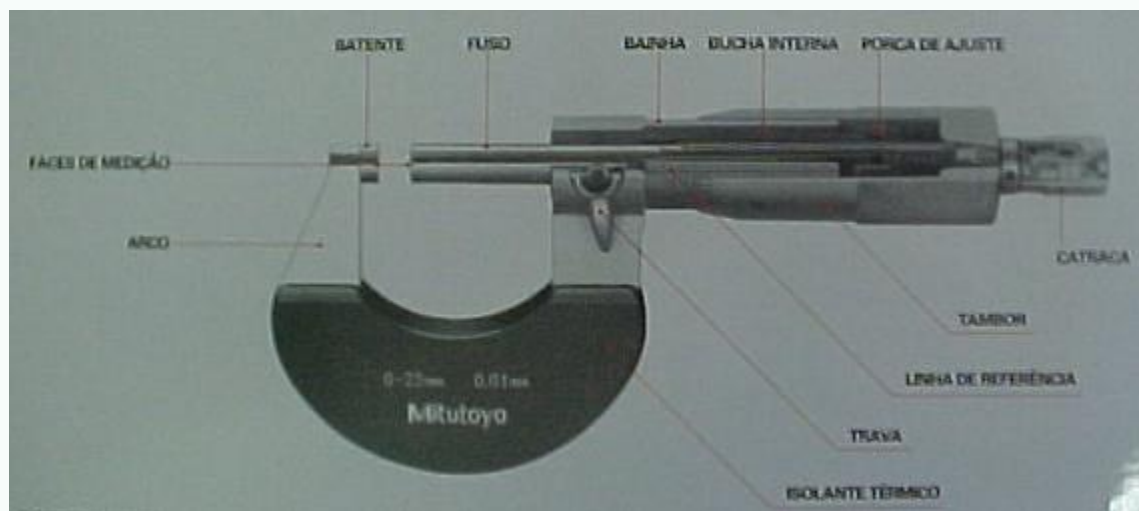
- Capaz de medir dimensões interiores e exteriores
- Geralmente com resolução da ordem de 0,025 mm
- Relativa extensa faixa de medição, de 0 a 150 mm (existem paquímetros muito mais extensos)



Instrumentos de medição

- **Micrômetro**

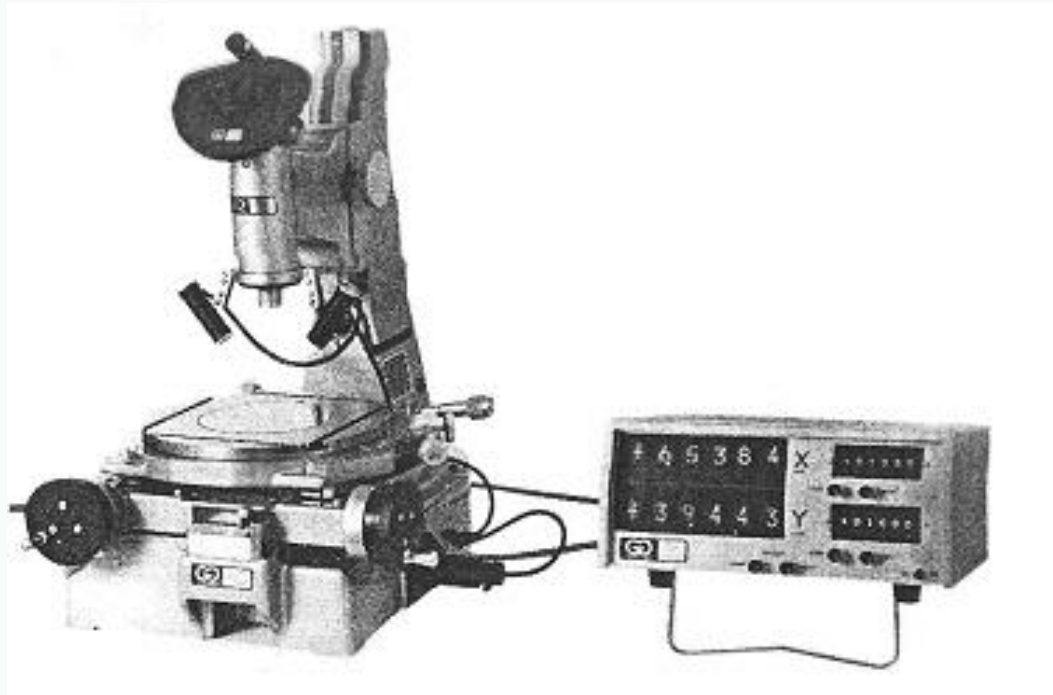
- Capaz de medir dimensões interiores e exteriores
- Geralmente com resolução da ordem de 0,001 mm
- Faixa de medição de 0 a 50 mm, porém faixas mais extensas podem ser encontradas



Instrumentos de medição

- **Microscópio Óptico**

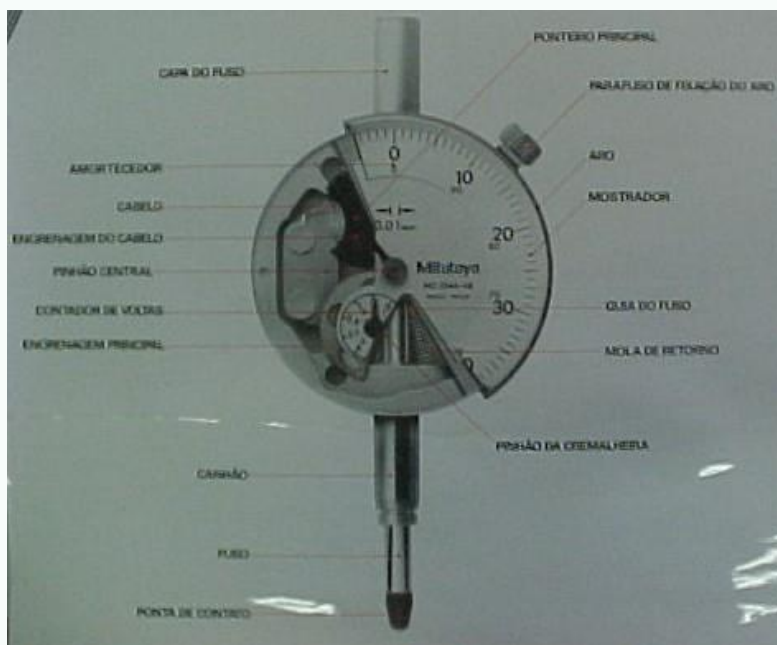
- Usado para fazer medições precisas de peças pequenas
- Consiste em um microscópio montado em uma base fixa
- Mesa move-se em duas direções horizontais usando parafusos de micrômetros (resolução da ordem de 0,001 mm)



Instrumentos de medição

- **Relógio comparador**

- Usado para fazer comparações de comprimento
- Converte deslocamentos lineares para um indicador rotativo
- Facilmente calibrado para a altura de referência escolhida
- Pode chegar a resolução de 0,001 mm
- Usado para medições de comprimento, planeza, perfil, etc.



Instrumentos de medição

- **Blocos padrão**
 - Blocos individuais de liga de aço com forma precisa, tratados termicamente e aliviados de tensão
 - Superfícies rigorosamente planas, lisas e paralelas
 - Podem ser usados para medições de extensão ou ângulos
 - Servem para aferição ou medição por comparação
- **Classes dos blocos:**

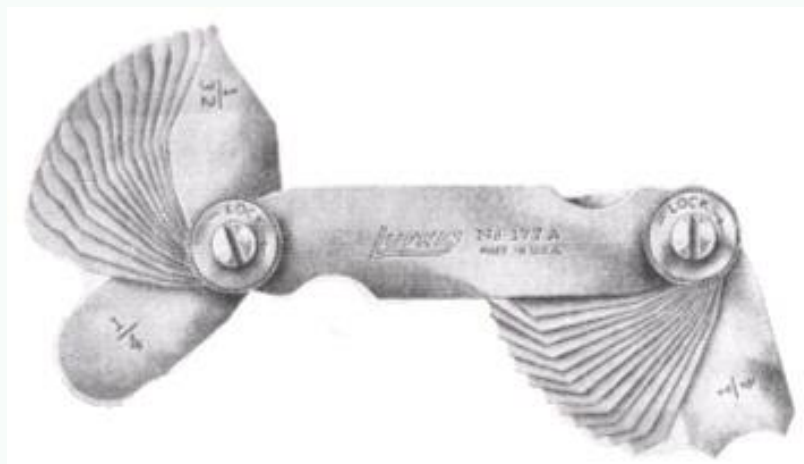
Classe	Exatidão	Uso
00	$0,05+0,001 \text{ I } \mu\text{m}$	fins científicos
0	$0,10+0,002 \text{ I } \mu\text{m}$	referência
1ek	$0,20+0,004 \text{ I } \mu\text{m}$	inspeção de instrumentos
2	$0,40+0,008 \text{ I } \mu\text{m}$	oficinas e ferramentarias



Instrumentos de medição

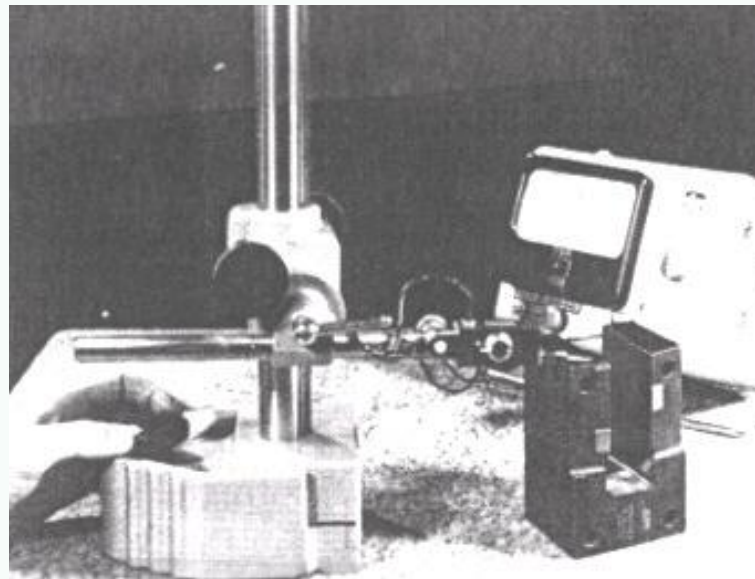
- **Calibradores**

- Anular usado para furos e tampão para eixos
- Existem também os calibradores de raio, usados para verificar cantos arredondados
- Utiliza o método de comparação para verificar conformidade



Instrumentos de medição

- **Calibradores eletrônicos**
 - Usa mudança na indutância, capacitância ou resistência elétrica para monitorar o movimento de um ponteiro de contato
 - Sinais eletrônicos são convertidos para um display digital
 - Fácil de usar com baixa chance de erro
 - Resolução da ordem de 0,0001 mm



Instrumentos de medição

- Goniômetro
 - Usado para medição precisa de ângulos
 - Geralmente usa a escala de vernier



Instrumentos de medição

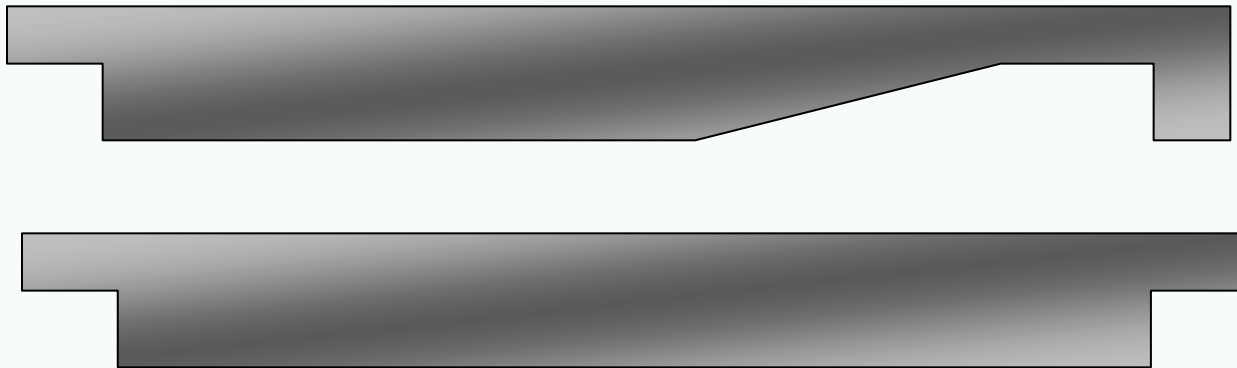
- Máquina de medição por coordenadas (Tridimensional)
 - Uma ponta que se move na vertical e horizontal faz o contato com a superfície a ser aferida
 - Rápida medição de alta sensibilidade
 - Alta precisão



Instrumentos de medição

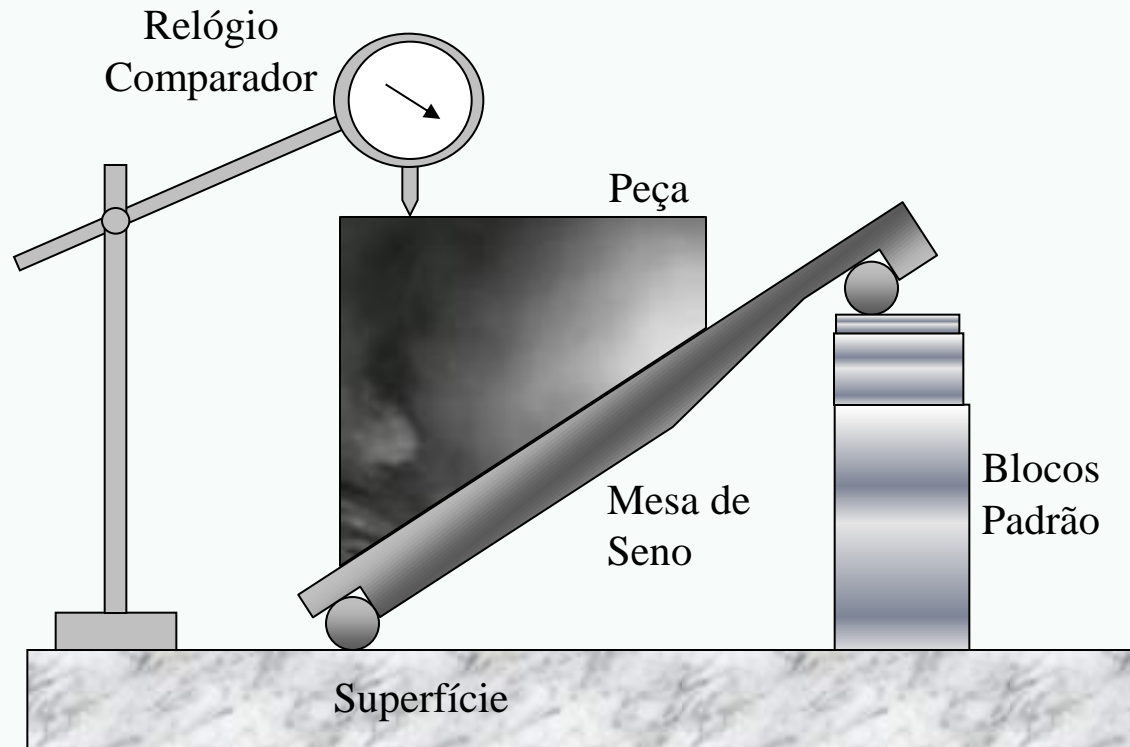
- Mesa de Seno

- Usada para fazer medições muito precisas de ângulos ou para colocar peças em determinados ângulos para futura medição
- Exatidão da ordem de $0,08^\circ$ ou menos
- Distâncias comuns de centro a centro: 120 a 250 mm
- Deve ser usada sempre em superfícies rigorosamente planas



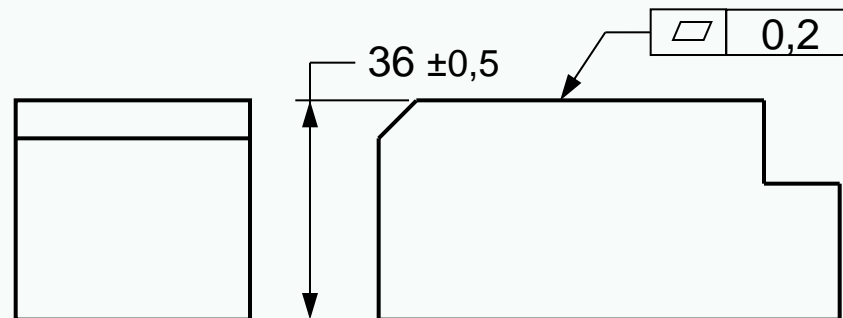
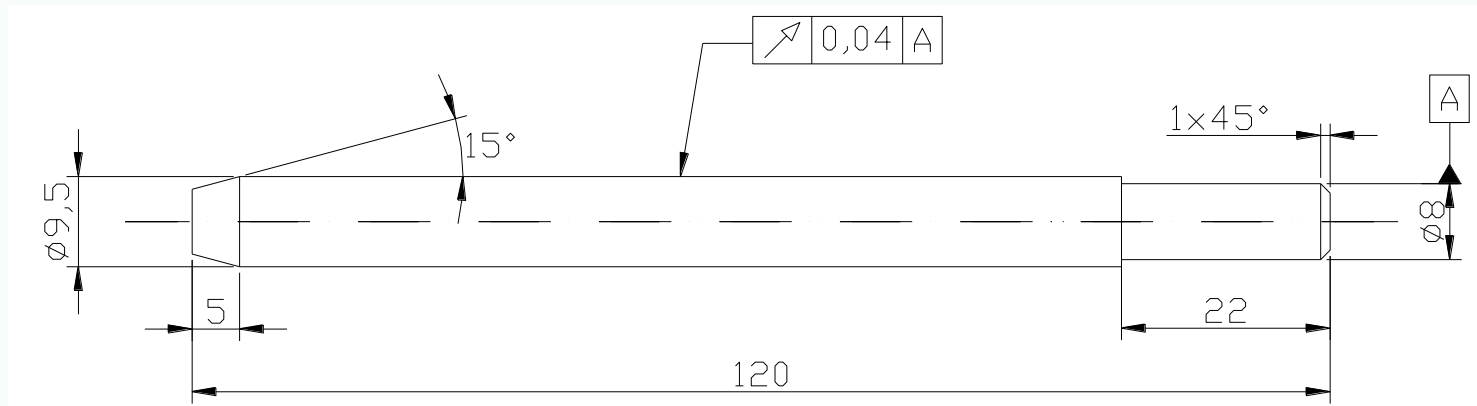
Exercício:

1. Calcule o ângulo da peça sendo medida na figura abaixo se a altura dos blocos padrões é 107 mm e a distância entre os centros das barras em que a mesa de seno está apoiada é de 125 mm



Exercício – cont.

2. Por que o relógio comparador está sendo usado no experimento do exercício 1?
3. Para os desenhos abaixo, qual instrumento você recomendaria para verificar a tolerância geométrica representada em cada um deles? Justifique.



Planejamento dos Processos de Fabricação:

VISÃO MODERNA DO SISTEMA DE MANUFATURA:

**COMPOSIÇÃO DO SISTEMA DE MANUFATURA
ESTRUTURADA EM 4 GRANDES ÁREAS:**

- ENGENHARIA;**
- CHÃO DE FÁBRICA;**
- NEGÓCIOS e**
- SUPORTES**

ENGENHARIA

1- ENGENHARIA DE PROJETOS/PRODUTOS



**CRIAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE
PRODUTOS**

2- ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO



**DESENVOLVIMENTO DOS MEIOS DE
MANUFATURA**

GERAÇÃO DO PRODUTO

- PROJETO CONCEITUAL**
 - PROJETO BÁSICO**
 - PROJETO PRELIMINAR**
 - PROJETO DETALHADO**
- FABRICAÇÃO DO PROTÓTIPO**
 - TESTE FUNCIONAL**
- COMPROVAÇÃO DE CONFIABILIDADE**

PROJETO CONCEITUAL:

INTERAÇÕES COM O MERCADO PARA

DEFINIÇÃO DE CARACTERÍSTICAS

PRELIMINARES DO PRODUTO

PROJETO BÁSICO

USO DE CIÊNCIA BÁSICA E CONHECIMENTOS

TECNOLÓGICOS INCORPORADOS AO PRODUTO



FUNÇÕES E DIMENSIONAMENTOS

PROJETO PRELIMINAR:

**CONCEPÇÃO DO PRODUTO E AVALIAÇÃO DA
VIABILIDADE**

**(INTERAÇÃO COM A ENGENHARIA DE
MANUFATURA \leftrightarrow SIMULAÇÃO)**

PROJETO DETALHADO:

**DETALHAMENTO DOS DESENHOS
(USO DE CONHECIMENTOS TECNOLÓGICOS)**

TESTE FUNCIONAL E COMPROVAÇÃO DE CONFIABILIDADE:

- **FABRICAÇÃO DE PROTÓTIPOS**
- **TESTE DE CAMPO SOB CONDIÇÕES DE
OPERAÇÃO REAL**
- **SIMULAÇÃO DE POSSÍVEIS ACIDENTES E
FALHAS**
- **MANUTENÇÃO E CORREÇÃO DAS FALHAS**

GERAÇÃO DOS MEIOS DE MANUFATURA:

- DEFINIÇÃO DO ROTEIRO DE FABRICAÇÃO**
- DETERMINAÇÃO DAS CONDIÇÕES OPERACIONAIS**
- COMUNICAÇÃO COM O CHÃO DE FABRICA**

ROTEIRO DE FABRICAÇÃO

é um conjunto de operações que representam todas as atividades que precisam ser feitas para que ao seu final, seja possível ter o produto no estado esperado, ou para ser vendido ou para ser estocado e utilizado em outro processo.

Os roteiros são usados pelo sistema para determinar como serão feitos os apontamentos de produção das ordens de fabricação.

Com as informações de velocidade ou tempo de ciclo, o sistema consegue também fazer o cálculo de capacidade da fábrica, prevendo a ocupação de recursos para uma determinada demanda.

Cruzando essa informação com os custos informados no cadastro de recursos, o sistema consegue também fazer o cálculo de custo previsto de processo.

COMO CONFIGURAR O MELHOR ROTEIRO DE PRODUÇÃO

Independentemente do tipo de indústria, o roteiro de produção é fundamental para alcançar resultados mais expressivos com a gestão. Isso porque ele ajuda no controle do chão de fábrica, na programação da produção e até mesmo na gestão de custos. Mas como configurar um roteiro de fabricação adequado?

A configuração de um roteiro de produção pode ser entendida como uma das etapas da definição da engenharia do produto, que vai beneficiar várias áreas dentro da gestão industrial, incluindo o Planejamento e Controle da Produção (PCP), Estoque, Produção, Qualidade, Custos, Formação de preços de venda e Vendas.