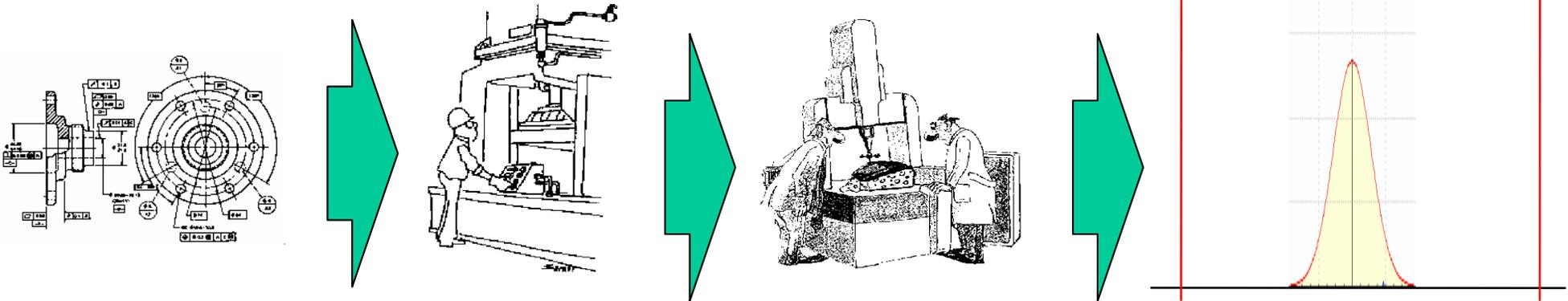


AVALIANDO PROBLEMAS EM PROCESSOS DE MANUFATURA E OS SEUS DESPERDÍCIOS

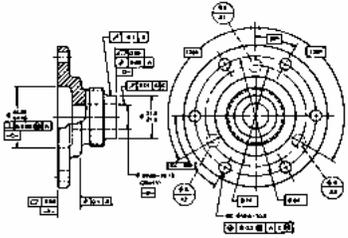


**André Roberto de Sousa, Dr.Eng.
CEFET-SC – GEMM – Medição por Coordenadas
asouza@cefetsc.edu.br**

INDÍCIOS DE UM PROCESSO EFICIENTE



PROJETO MECÂNICO



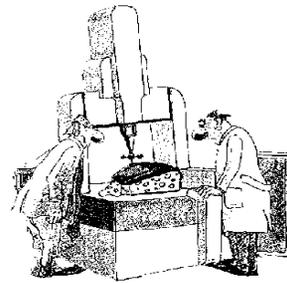
- Referências e Tolerâncias são especificadas de forma racional e simuladas para garantir a montagem sem retrabalhos, e para garantir a satisfação dos clientes (funcionalidade, desempenho e confiabilidade)
- Desenhos são claros e completos (GD&T) e estão identificadas as características significativas

FABRICAÇÃO



- Equipamentos rápidos, precisos e flexíveis;
- Baixos tempos de setup, maximizando tempo efetivo de máquina;
- Processos capazes de atender às especificações geométricas.

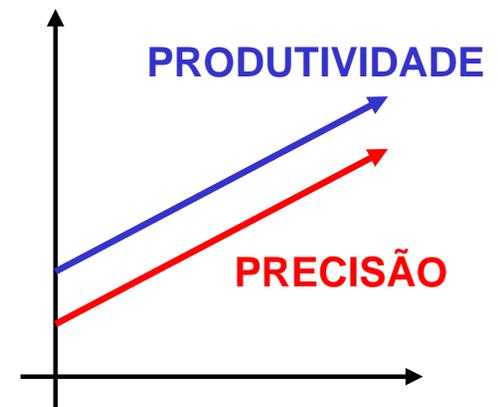
CONTROLE DIMENSIONAL



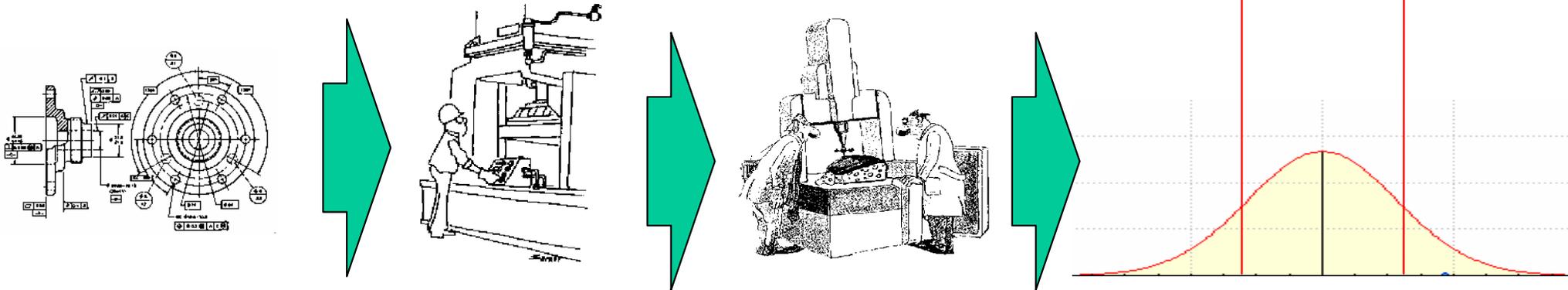
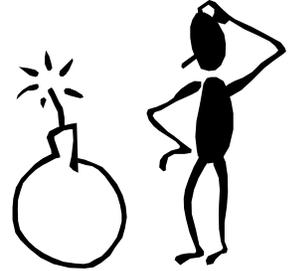
- Plano de Inspeção é focado nas características críticas e significativas.
- Eficiência operacional, maximizando a utilização dos equipamentos;
- Incerteza dos resultados é compatível com as tolerâncias das peças.



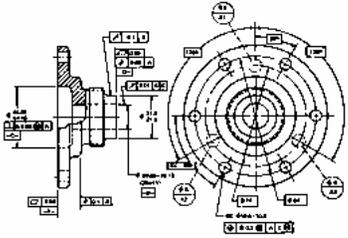
**A PRESSA E A
PRECISÃO
SÃO ALIADAS**



INDÍCIOS DE UM PROCESSO DEFICIENTE

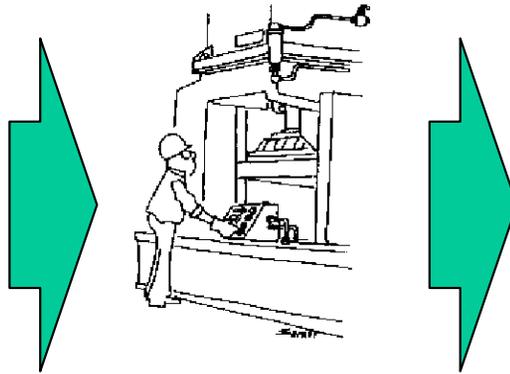


PROJETO MECÂNICO



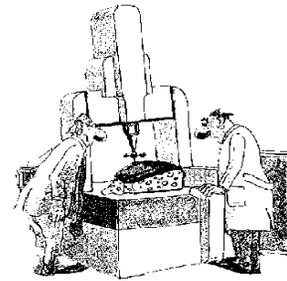
- Referências e Tolerâncias mal especificadas dificultam a fabricação e não garantem uma fácil montagem nem o atendimento aos requisitos da qualidade associados ao produto;
- Desenhos são elaborados com linguagem pobre;

FABRICAÇÃO



- Equipamentos lentos e/ou com problemas de precisão;
- Máquinas com grandes erros geométricos, falta de rigidez mecânica e/ou instabilidades térmicas;
- Longos tempos de setup, com perdas de tempo e produtividade;
- Processos incapazes de atender às especificações geométricas.

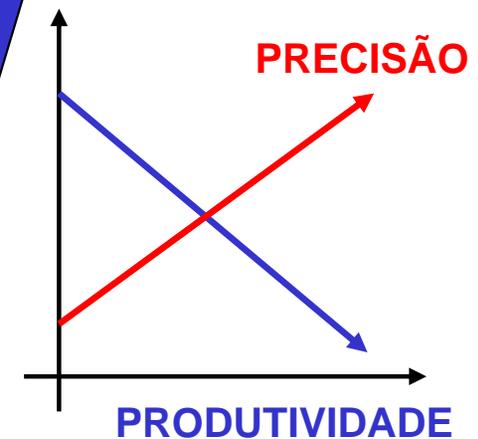
CONTROLE DIMENSIONAL



- Plano de Inspeção inadequado: cotas importantes são esquecidas, e cotas sem importância são controladas.
- Longos tempos de medição, por causa do excesso de cotas a medir e/ou por causa da baixa eficiência operacional;
- Fontes de incerteza (instrumento, homem, ambiente, peça), tornam os resultados pouco confiáveis, levando a erros de avaliação.



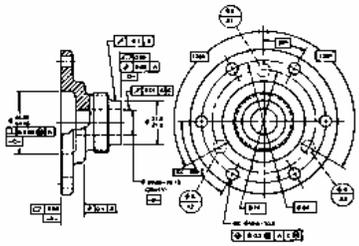
A PRESSA É
INIMIGA DA
PRECISÃO



PONTOS CRÍTICOS DO DESPERDÍCIO

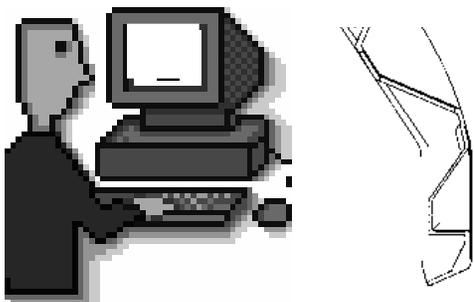


PROJETO PERFECCIONISTA

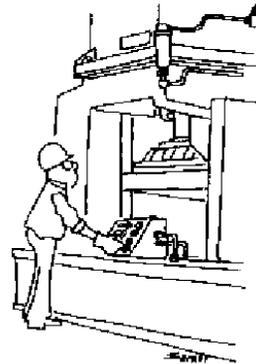


*Com isso não tem
como não montar*

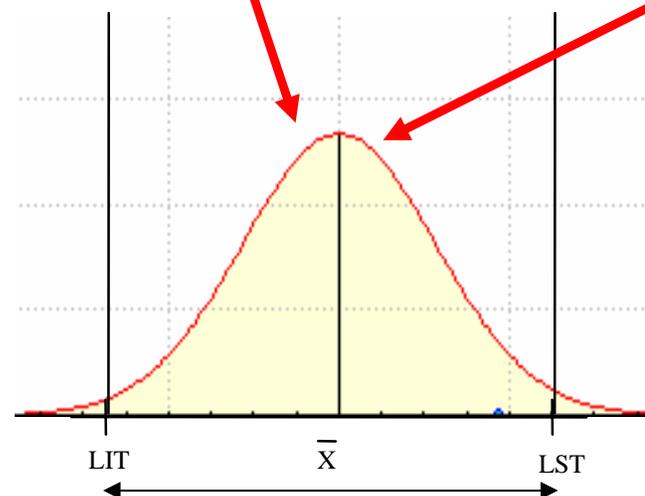
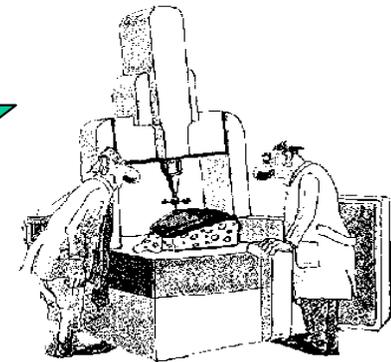
$\pm 0,005 \text{ mm}$



FABRICAÇÃO INCAPAZ



CONTROLE NÃO CONFIÁVEL



**PERDAS COM
REFUGO E
RETRABALHO**

**PERDAS COM OS
ERROS DE
CLASSIFICAÇÃO
DAS PEÇAS**



Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina
Gerência de Metal-Mecânica
Laboratório de Metrologia – Medição por Coordenadas

SITUAÇÕES POSSÍVEIS

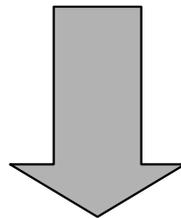


SITUAÇÃO 1

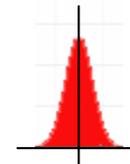
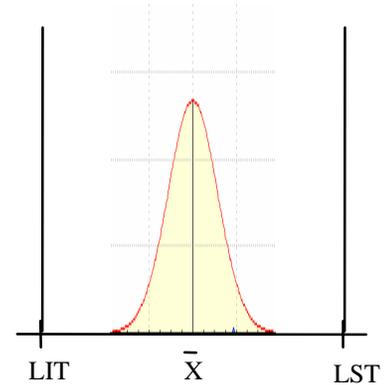
DISPERSÃO NA FABRICAÇÃO

+

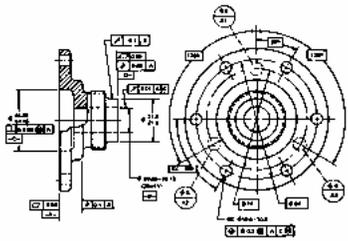
INCERTEZA DE MEDIÇÃO



NÃO COMPROMETEM



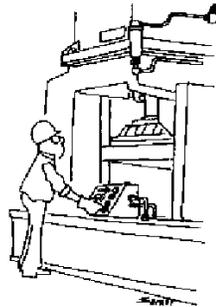
PROJETO



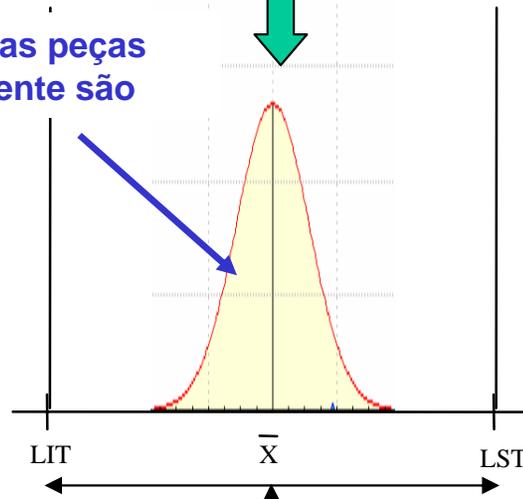
↓
 $\pm 0,05 \text{ mm}$

↓
 $IT = 0,1 \text{ mm}$

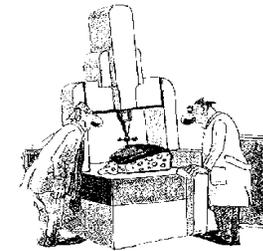
FABRICAÇÃO



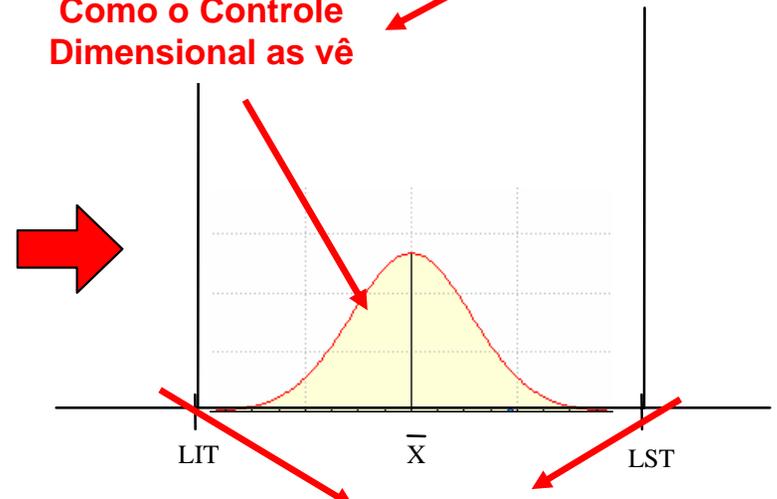
↓
Como as peças
realmente são



CONTROLE DIMENSIONAL



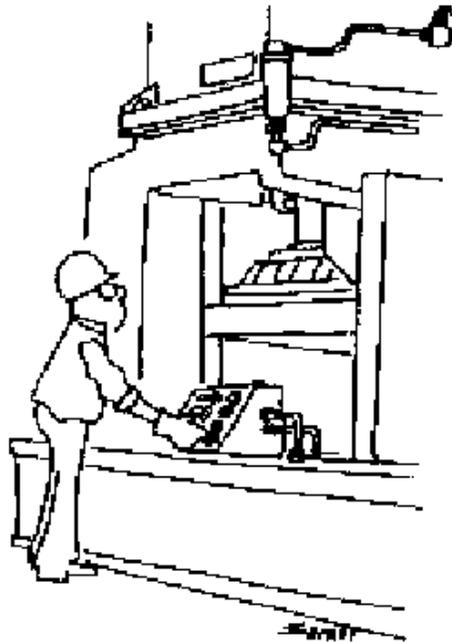
Como o Controle
Dimensional as vê



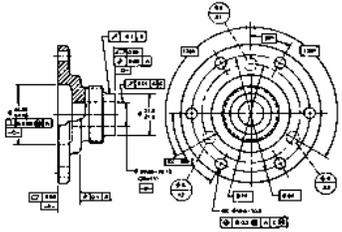
Nenhuma peça boa foi reprovada

SITUAÇÃO 2

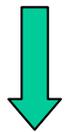
CULPARAM UM “INOCENTE”



PROJETO

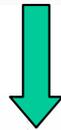


$\pm 0,05 \text{ mm}$

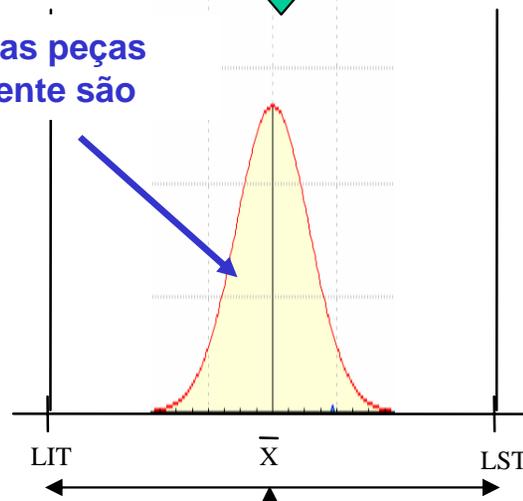


$IT = 0,1 \text{ mm}$

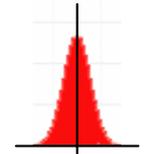
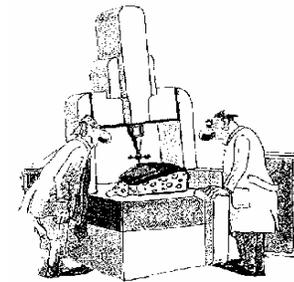
FABRICAÇÃO



Como as peças
realmente são

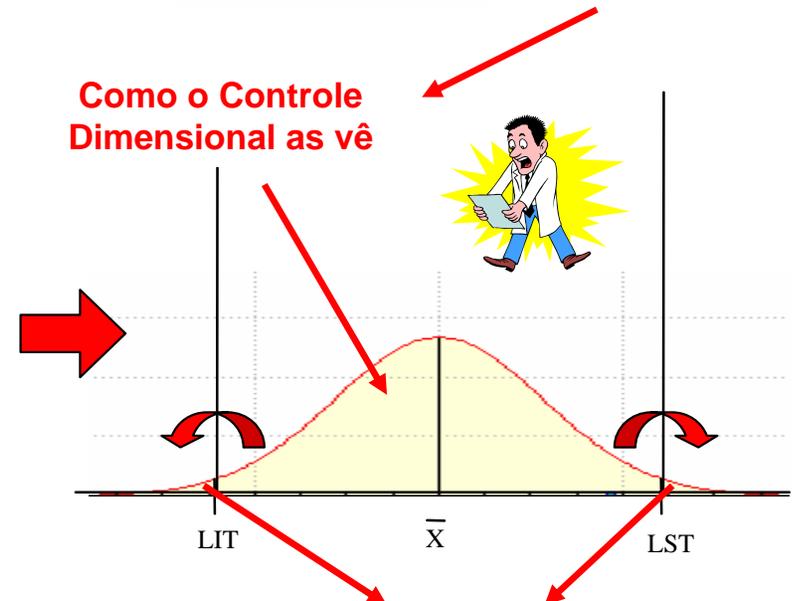


CONTROLE DIMENSIONAL



Incerteza das
Medições

Como o Controle
Dimensional as vê



Haverão Peças **Boas Refugadas !!!**

SITUAÇÃO 3

TODOS SÃO CULPADOS

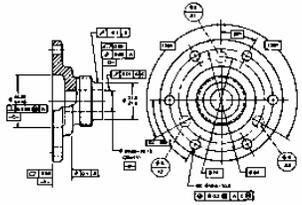


PROCESSO



CONTROLE

PROJETO



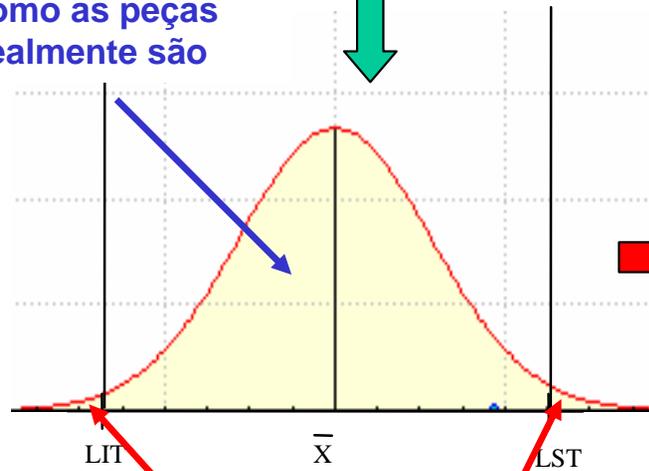
$\pm 0,05 \text{ mm}$

IT = 0,1 mm

FABRICAÇÃO

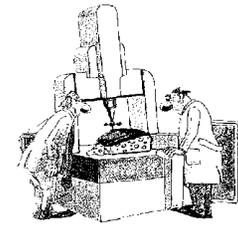


Como as peças realmente são

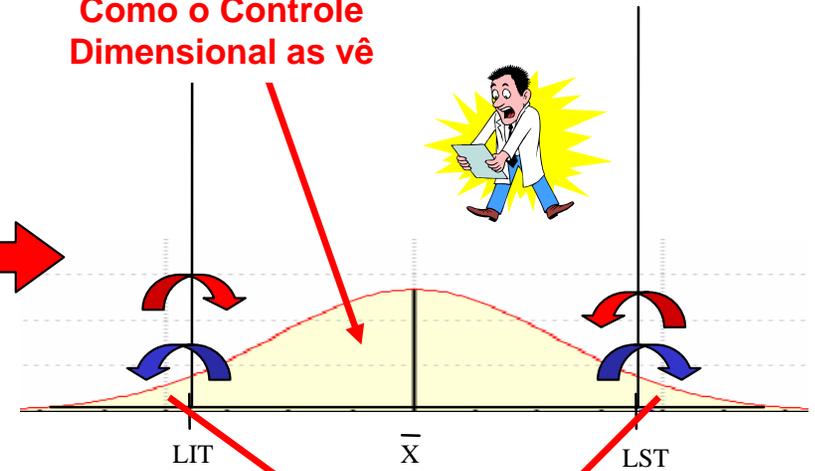


Além das perdas com peças realmente fora das tolerâncias

CONTROLE DIMENSIONAL



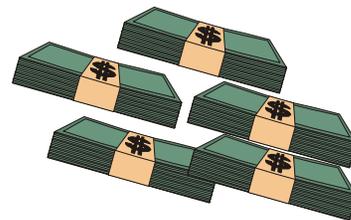
Como o Controle Dimensional as vê



Haverão mais perdas com Peças Boas Refugadas e Peças Ruins Aprovadas !!!

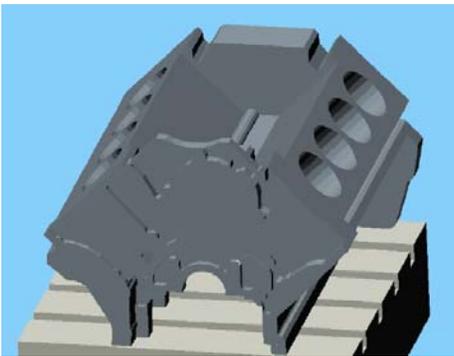


UMA SIMULAÇÃO DAS CONSEQUÊNCIAS\$\$\$\$



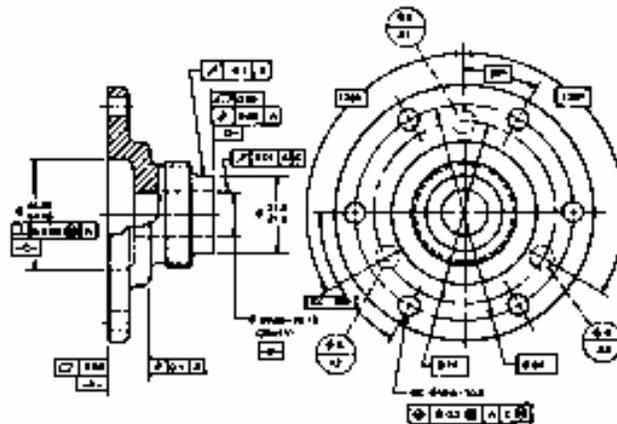
CARACTERÍSTICAS DO CASO SIMULADO

- O PRODUTO:

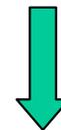


- PRODUÇÃO: 100.000 unidades / ano
- CUSTO UNITÁRIO: R\$ 400,00

- O PROJETO:



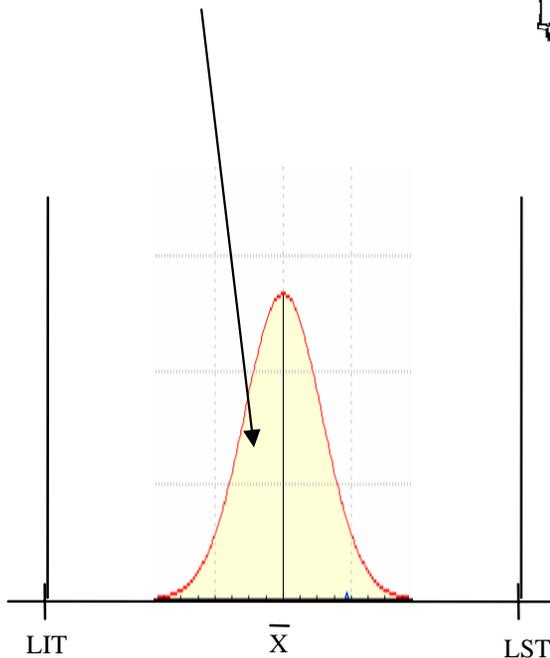
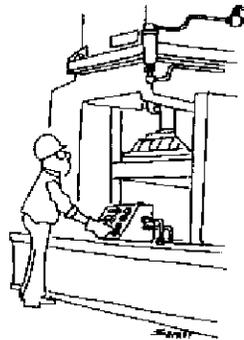
→ TOLERÂNCIAS
TÍPICAS



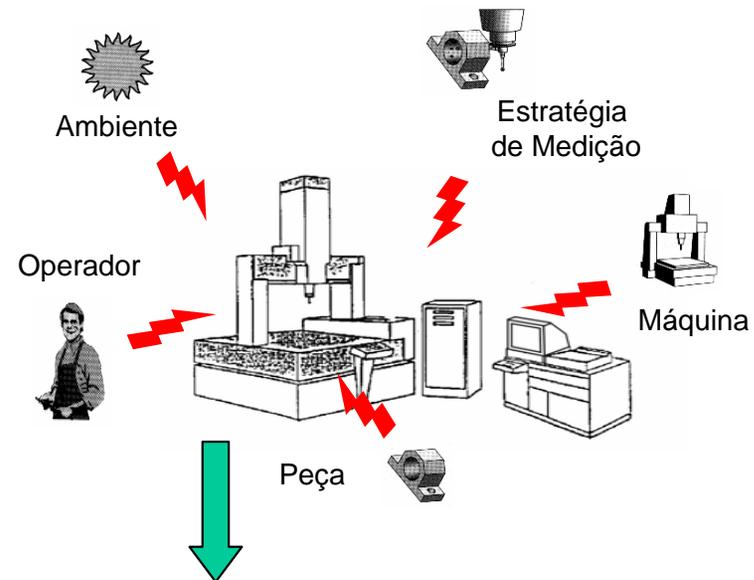
- $\pm 0,05 \text{ mm}$ → IT = 0,10 mm
- $\pm 0,04 \text{ mm}$ → IT = 0,08 mm
- $\pm 0,02 \text{ mm}$ → IT = 0,04 mm

• A FABRICAÇÃO:

O PROCESSO E
SUA DISPERSÃO



• A MEDIÇÃO:



*Provocam Erros de Medição,
levando a **Incertezas** nos
dados obtidos*

**INCERTEZA DE
MEDIÇÃO**

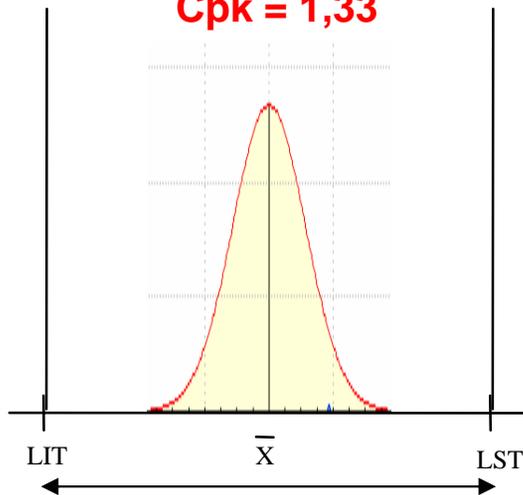
**SERÁ AVALIADO A
CONSEQUÊNCIA DA
INCERTEZA, QUE VARIA
DE 0 até $\pm 0,05$ mm**

A SIMULAÇÃO:



CASO 1

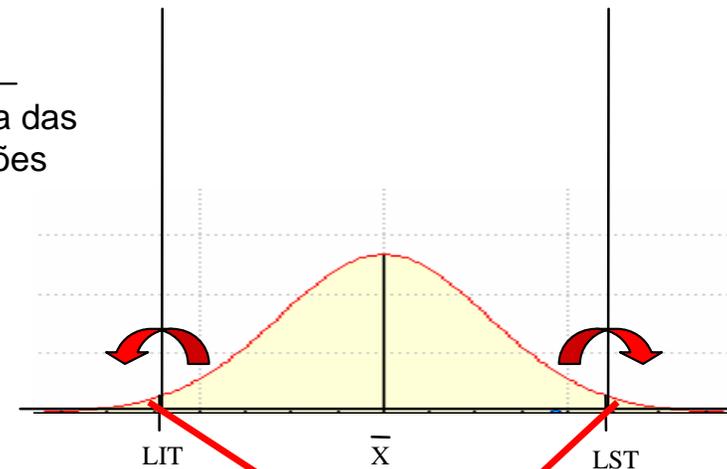
O PROCESSO
REAL É CAPAZ
 $Cpk = 1,33$



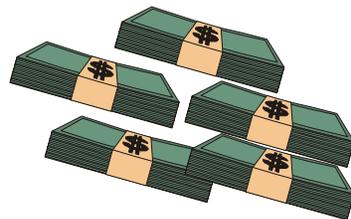
Incerteza das
Medições



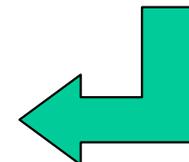
O PROCESSO
APARENTE



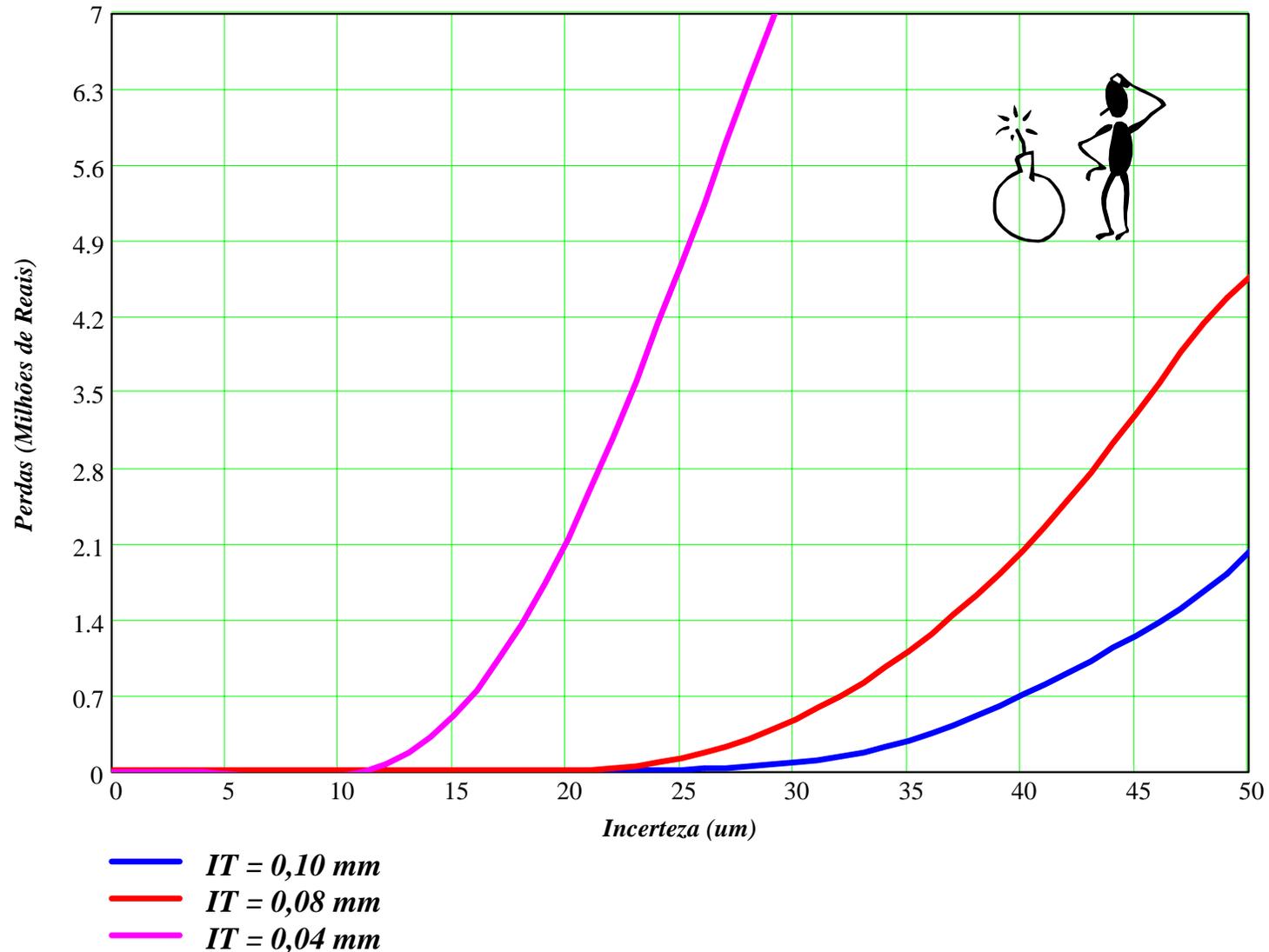
Número de Peças
Boas Refugadas !!!



O CUSTO DESSE
DESPERDÍCIO



OS RESULTADOS CONSIDERANDO O PROCESSO CAPAZ:

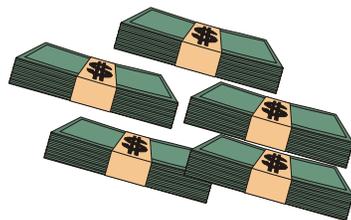
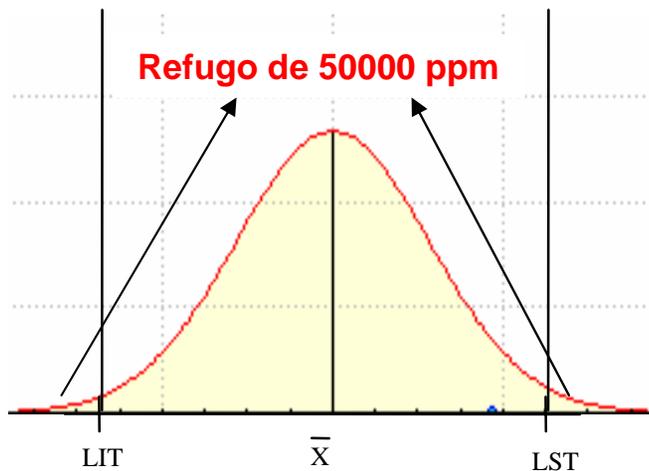


A SIMULAÇÃO:



CASO 2

O PROCESSO REAL JÁ APRESENTA PROBLEMAS

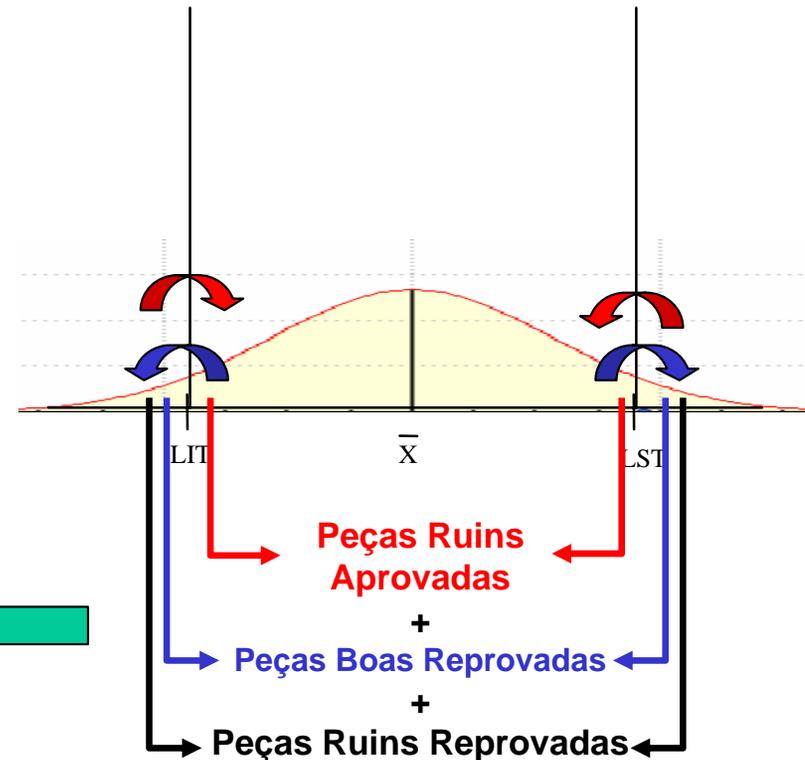


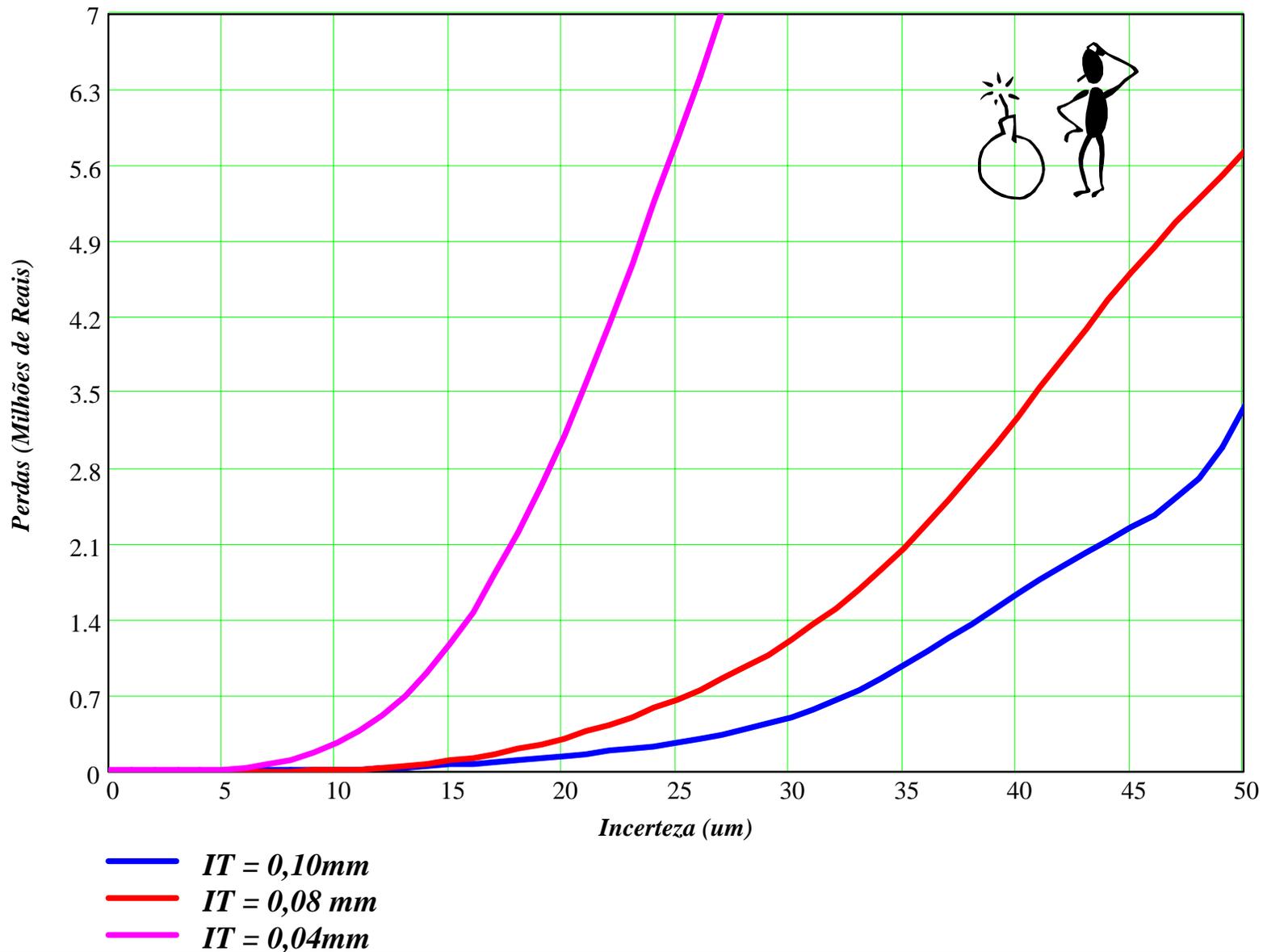
O CUSTO DESSE DESPERDÍCIO



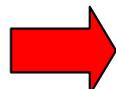
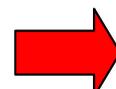
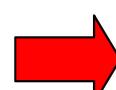
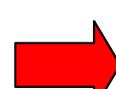
Incerteza das Medições

O PROCESSO APARENTE É BEM PIOR





CONCLUSÕES

-  A especificação de tolerâncias de forma racional é vital para a redução de custos de fabricação, medição e de desperdícios
-  Todo um investimento em modernas máquinas-ferramenta CNC pode ser inviabilizado pela incerteza nas medições.
-  A partir de certo nível de incerteza, cada 1 μm de incerteza adicional provoca um prejuízo adicional de R\$ 400.000,00/ano.
-  A piora na capacidade do processo, mantendo-se a mesma incerteza de medição, chega a causar um prejuízo adicional de R\$ 900.000,00/ano.

A simulação aqui apresentada considera um processo capaz e estável e procurou evidenciar a interdependência entre a capacidade dos processos de fabricação e a incerteza dos processos de medição.

A partir do conhecimento desses parâmetros pode-se atacar o verdadeiro causador de não conformidades dimensionais na produção e atuar efetivamente na melhoria da qualidade dos produtos que você envia para o seu cliente.

Não estão incluídos nessa simulação os custos indiretos com ações incorretas para controle do processo, paradas de produção, perda de imagem da empresa e outros.



**Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina
Gerência de Metal-Mecânica
Laboratório de Metrologia – Medição por Coordenadas**

Esse material possui finalidade puramente didática.

**Sinta-se à vontade para copiá-lo e repassá-lo.
É proibida a sua utilização para fins comerciais.**

Até a Próxima.

**André Roberto de Sousa, Dr. Eng.
asouza@cefetsc.edu.br**
