



IV Encontro de Iniciação Científica e Tecnológica  
IV EnICT  
ISSN: 2526-6772  
IFSP – Câmpus Araraquara  
24 e 25 de outubro de 2019



## Análise da influência dos parâmetros de usinagem na determinação das tolerâncias de processo de tornos.

Lucas Moreira da Silva Trostdorf

Graduando em Engenharia Mecânica, Voluntário, IFSP Campus Araraquara, lucaastrotdorf00@gmail.com.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): Matrizes e Ferramentas – 3.05.05.01-1

**RESUMO:** A competição no campo da fabricação mecânica desempenha um profundo impacto no dimensionamento dos custos finais dos componentes manufaturados. Apesar dos diversos processos de fabricação existentes um ponto fundamental necessita ser avaliado e questionado por inúmeras vezes durante seu desenvolvimento, são as tolerâncias de fabricação mecânica. Por consequência, projetos mecânicos são dimensionados prescrevendo sobre as dimensões uma variação permissível a qual, as tolerâncias dimensionais. Este trabalho tem por objetivos realizar um levantamento das tolerâncias de processo de tornos por intermédio de ensaios pré-estabelecidos, isto possibilitará incluir a tolerância dimensional mais apropriada, nas condições do trabalho, que poderá ser apontada em desenhos técnicos futuros. Para esta avaliação será atribuído variações nos parâmetros de usinagem como profundidade de corte e avanço da ferramenta, o material da ferramenta também será alterado. Será montada uma matriz experimental com três variações das profundidades de corte ( $ap$ ), três avanços distintos ( $f$ ) e a ferramenta utilizada, será a pastilha de metal-duro. Amostras de aço ABNT 1045 nas dimensões  $\varnothing 50 \times 50$  mm para tornos, serão usinadas a fim de obter as tolerâncias de processo. Na análise dos resultados serão correlacionados: profundidade de corte, avanço e dimensão das amostras. Usando inferências estáticas obteremos o resultado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Capabilidade; handbooks; international tolerance; teste; usinabilidade.

### INTRODUÇÃO

Atualmente o estudo dos diversos parâmetros e métodos de usinagem, vem sendo cada vez mais procurado no mercado brasileiro, devido as muitas dificuldades, como: Processos e Parâmetros de Corte variam de país para país, podendo ocasionar erros na montagem de estruturas, conforme exemplo abaixo:

**Exemplo:** Um eixo precisa ser acoplado ao furo, por um ajuste com interferência, para esta operação é muito importante que as peças sejam fabricadas conforme parâmetros de montagem especificados, neste caso a tolerância é  $+0,2$ mm.

Vamos supor que o eixo foi fabricado em uma retífica (IT9 - Tolerância  $+0,2$ ) e o furo foi usinado por um torno convencional (IT11 - Tolerância  $+0,5$ mm).

Ao analisarmos superficialmente fica evidenciado que a montagem não será realizada, conforme padrões especificados, já que a máquina que o furo foi fabricado não corresponde com os parâmetros de montagem.

**Observação:** Exemplo meramente ilustrativo, para entender de forma bruta a importância de uma análise completa, ou seja, desta escolha do material, fabricação e montagem.

Portanto, fica evidenciado que ao Projetista/ Engenheiro responsável pelos cálculos e desenhos do produto, não basta, que seja feito apenas os cálculos de dimensionamento, mas sim, uma análise geral do projeto, como: Máquinas e ferramentas disponíveis na oficina, condições das ferramentas, folga da máquina, condições de montagem, estudo do IT de Máquinas, rugosidade superficial, forma geométrica.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As indústrias vêm aumentando drasticamente a busca por maior qualidade com menor custo de fabricação agregado a alta produtividade de bens de consumo. Para a tecnologia mecânica esses objetivos são considerados nas fases de projeto e na fabricação mecânica.

Nesse contexto, o projetista inicia a discriminação das quotas dos desenhos utilizando como referência, tabelas instrutivas disponibilizadas em *handbooks* ou instruções normalizadas de ajustes e tolerâncias nacionais e internacionais. Já na manufatura os analistas de processo possuem a disposição a capacidade ou tolerâncias de processo de suas máquinas decidindo qual a melhor condição de fabricação associado à montagem dos componentes. Assim, definir as tolerâncias apropriadas nas fases de projeto envolve a discriminação das tolerâncias em projeto e sua realização nos processos de fabricação.

Processos de manufatura são inerentemente imprecisos devido às diversas características do sistema que influenciam estes processos. Por consequência, projetos mecânicos são dimensionados prescrevendo sobre as dimensões uma variação permissível a qual, as tolerâncias dimensionais (VOELCKER, 1998).

Definir uma tolerância final apropriada é uma tarefa difícil. Uma das razões é que a tolerância dimensional é altamente distributiva por natureza, outra se resume ao fato que é difícil para um projetista levar em conta efeitos cumulativos como a usinabilidade dos metais e de todas outras combinações possíveis das variações das características que envolvem o projeto (BJORK, 1978)

### Tolerância

Chase (1990) observa que as variações dimensionais (tolerâncias) projetadas e controladas sem responsabilidade pode causar problemas de custo durante a montagem dos conjuntos, necessitando de extensivos retrabalhos, grandes lotes refugados, paradas de montagens, além de causar danos no desempenho do produto e insatisfações do cliente.

Os fatos relatados refletem a necessidade de definição e estudo inerente das relações que caracterizam as tolerâncias dimensionais durante a fabricação e projetos de dispositivos mecânicos. Pode-se afirmar que as tolerâncias são a primeira ferramenta de controle de um projeto, exercitada através da seleção do processo, controle de processo e procedimentos de inspeção (DRAKE, 1999).

O conjunto descrito abaixo descrito ajuda a encontrar uma boa tolerância de projeto ao qual pode ser representado por limites absolutos numéricos ou também fazer uso de um modelo probabilístico, possibilitando fazer interferências estatísticas para sua definição.

A seguir, são apresentadas as diferentes formas de definição de tolerância dimensional para uso em projeto, fabricação e montagem de dispositivos mecânicos.

- Uma precisão especificada por uma região contínua em que seus extremos são denominados regiões limitantes definidos por: limite máximo e limite mínimo (BJORKE, 1978). O mesmo autor também define tolerâncias como o valor absoluto da diferença entre o limite máximo e mínimo de uma dimensão;
- A norma ABNT-NBR6158, 1995, define a tolerância como a diferença entre a dimensão máxima e a dimensão mínima, ou seja, diferença entre o afastamento superior e o inferior como um conjunto de princípios, regras e tabelas que se aplicam a tecnologia mecânica mais precisamente o sistema de tolerâncias e ajustes; e,
- A norma ASME, 1994, encerra definindo como uma especificação de variação dimensional total permitida, sendo que a tolerância é a diferença entre o limite máximo e mínimo de uma dimensão.

É importante observar que especificar tolerâncias, definir tipos de tolerâncias e relatar valores de tolerâncias são conduzidos em instruções normativas já citadas. Porém, as normas não ditam um método de como as tolerâncias deveriam ser especificadas (ASME Y14.5M, 1994). Um bom estudo é relacionar os processos existentes, medi-los (determinar o IT das máquinas) e prudentemente aplicá-los em projetos.

### **Usinabilidade**

Usinabilidade de um material, bem como outras propriedades de fabricação, são tão importantes como as propriedades mecânicas. Na verdade, a usinabilidade descreve genericamente as características operacionais da ferramenta de corte.

Segundo Peckener (1977), a usinabilidade de um material metálico é influenciada por vários fatores tais como: composição química, microestrutura, resistência do material, avanço utilizado na usinagem, velocidade de corte, penetração e escolha do fluido de corte. Há três aspectos que caracterizam, por assim dizer a usinabilidade, que são a vida da ferramenta, acabamento superficial e esforços requeridos para o corte. Assim, a usinabilidade pode ser definida com auxílio de alguns critérios tais como vida e desgaste da ferramenta, acabamento superficial, remoção de cavaco, velocidade de corte e produtividade. A usinabilidade também depende de variáveis do processo de usinagem, tais como rigidez da ferramenta, geometria e material da ferramenta, tipo do fluido de corte e tipo da operação de usinagem.

Os fatores que alteram a usinabilidade de um determinado material estão inerentemente envolvidos na determinação da tolerância de processo, qualquer alteração dos fatores da usinabilidade o IT, no caso a tolerância de processo poderá ser alterada.

Neste trabalho um dos nossos objetivos constitui na terminação de  $\sigma$  (desvio padrão), Montgomery, D. C, 2004.

### **METODOLOGIA**

A fabricação foi separada em dois processos, sendo eles: a usinagem, que foi dividida em nove testes, variando os parâmetros de corte e posteriormente foi feita as medições, com o propósito de adquirir, através de cálculos e tabelas, o IT de Máquina, ou mais especificamente do Torno.

#### **TESTE 1**

ap ideal = 1,000mm

f ideal = 0,21

VC = 80

N calculado = 509,296 rpm

N corrigido = 450

Número de passos – 4

Resultado = 0,049mm ou IT9 - Grupo C

#### **TESTE 2**

ap menor = 0,500 mm

f menor = 0,13

VC = 80

N calculado = 509,296 rpm

N corrigido = 450

Número de passos - 4

Resultado = 0,049mm ou IT9 - Grupo C

#### **TESTE 3**

ap maior = 2,000mm

f maior = 0,26

VC = 80

N calculado = 509,296 rpm

N corrigido = 450

Número de passos - 4

Resultado = 0,093mm ou IT10

**TESTE 4**

ap maior = 2,000mm  
f menor = 0,13  
VC = 80  
N calculado = 509,296 rpm  
N corrigido = 450  
Número de passos – 4  
Resultado = 0,107mm ou IT11

**TESTE 5**

ap menor = 0,500mm  
f maior = 0,26  
VC = 80  
N calculado = 509,296 rpm  
N corrigido = 450  
Número de passos – 4  
Resultado = 0,040mm ou IT9 - Grupo B

**TESTE 6**

ap ideal = 1,000mm  
f maior = 0,26  
VC = 80  
N calculado = 509 rpm  
N corrigido = 450  
Número de passos – 4  
Resultado = 0,040mm ou IT9 - Grupo B

**TESTE 7**

ap ideal = 1,000mm  
f menor = 0,13  
VC = 80  
N calculado = 509 rpm  
N corrigido = 450  
Número de passos - 4  
Resultado = 0,080mm ou IT10

**TESTE 8**

ap maior = 2,000mm  
f ideal = 0,21  
VC = 80  
N calculado = 509 rpm  
N corrigido = 450  
Número de passos - 4  
Resultado = 0,047mm ou IT9 - Grupo C

**TESTE 9**

ap menor = 0,500mm  
f ideal = 0,21  
VC = 80  
N calculado = 509 rpm  
N corrigido = 450

Número de passos - 4  
 Resultado = 0,093mm ou IT10

Onde,  
 Ap - Profundidade de Corte  
 f - Avanço de Corte  
 vc - Velocidade de Corte  
 n - Rotações por Minuto

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme os dados de medições dos TESTES já realizados, foi possível obter os seguintes resultados:

$$IT \text{ de Máquina} = (IT \text{ TESTE } 1 + \dots + IT \text{ TESTE } 9) \div 9 \quad (2)$$

$$= (0,047 + 0,047 + 0,093 + 0,107 + 0,040 + 0,033 + 0,080 + 0,047 + 0,093) \div 9$$

$$= 0,065mm$$

Com auxílio do livro Agostinho, Oswaldo Luiz. “Tolerâncias, ajustes, desvios e análise de dimensões” - São Paulo: Blucher, 1977 e analisando a imagem abaixo:

DIMENSÕES		GRAUS DE TOLERÂNCIA PADRÃO PARA DIMENSÕES ATE 3150 mm																	
>	≤	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0	3	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	1000	1400
3	6	1	1,5	2,5	4	6	10	18	30	48	75	120	180	300	480	750	1200	1800	2200
6	10	1,5	2,5	4	6	10	18	30	48	75	120	180	300	480	750	1200	1800	2200	2700
10	14	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800	2700	3300
14	18	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500	3900	4600
18	24	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000	4600	5400
24	30	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500	5400	6300
30	40	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	6300	7200
40	50	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500	5400	7200	8100
50	65	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	6300	8100	9700
65	80	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500	5400	8100	9700	11000
80	100	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	6300	8100	11000	12500
100	120	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500	5400	8100	11000	12500	14000
120	140	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	6300	8100	11000	14000	16500
140	160	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600	7200	11500	18500	29000	33000
160	180	22	32	44	70	110	175	280	440	700	1100	1750	2800	4400	7000	11000	17500	28000	33000
180	200	25	36	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500	5400	8700	14000	22000	35000	40000
200	225	28	40	62	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	6300	10000	16000	25000	40000	46000
225	250	32	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600	7200	11500	18500	29000	46000	54000
250	280	36	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500	5400	8700	14000	22000	35000	54000	63000
280	315	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	6300	10000	16000	25000	40000	63000	72000
315	355	45	70	110	175	280	440	700	1100	1750	2800	4400	7000	11000	17500	28000	44000	70000	81000
355	400	50	80	125	200	320	500	800	1250	2000	3200	5000	8000	12500	20000	32000	50000	80000	97000
400	450	56	90	140	230	360	560	900	1400	2300	3600	5600	9000	14000	23000	36000	56000	90000	110000
450	500	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	6300	10000	16000	25000	40000	63000	100000	125000
500	560	70	110	175	280	440	700	1100	1750	2800	4400	7000	11000	17500	28000	44000	70000	110000	140000
560	630	80	125	200	320	500	800	1250	2000	3200	5000	8000	12500	20000	32000	50000	80000	125000	165000
630	710	90	140	230	360	560	900	1400	2300	3600	5600	9000	14000	23000	36000	56000	90000	140000	180000
710	800	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	6300	10000	16000	25000	40000	63000	100000	160000	200000
800	900	110	180	280	460	740	1200	1900	3000	4600	7400	12000	19000	30000	46000	74000	120000	180000	230000
900	1000	120	200	320	540	870	1400	2200	3500	5400	8700	14000	22000	35000	54000	87000	140000	220000	280000
1000	1120	130	220	350	540	870	1400	2200	3500	5400	8700	14000	22000	35000	54000	87000	140000	220000	280000
1120	1250	140	250	400	630	1000	1600	2500	4000	6300	10000	16000	25000	40000	63000	100000	160000	250000	330000
1250	1400	150	280	460	740	1200	1900	3000	4600	7400	12000	19000	30000	46000	74000	120000	190000	300000	390000
1400	1600	160	320	540	870	1400	2200	3500	5400	8700	14000	22000	35000	54000	87000	140000	220000	350000	460000
1600	1800	180	360	620	1000	1600	2500	4000	6300	10000	16000	25000	40000	63000	100000	160000	250000	400000	540000
1800	2000	200	400	700	1100	1750	2800	4400	7000	11000	17500	28000	44000	70000	110000	175000	280000	440000	600000
2000	2240	220	460	840	1400	2200	3500	5400	8700	14000	22000	35000	54000	87000	140000	220000	350000	540000	720000
2240	2500	240	500	900	1500	2300	3700	6000	9200	15000	23000	37000	60000	92000	150000	230000	370000	600000	810000
2500	2800	260	560	1000	1600	2500	4000	6300	10000	16000	25000	40000	63000	100000	160000	250000	400000	630000	860000
2800	3150	280	630	1100	1800	2800	4600	7400	12000	19000	30000	46000	74000	120000	190000	300000	460000	740000	1000000

Graus de tolerância padrão IT 14 a IT 18 não devem ser utilizados para dimensões menores ou iguais a 1 mm

FIGURA 1. Graus de Tolerância Padrão  
 Fonte: Stefanelli.

Foi possível determinar o IT do torno para  $\varnothing 30mm$  a  $\varnothing 50mm$ , com o valor de tolerância adquirido  $\pm 0,065mm$ , assim definindo a qualidade de fabricação como IT10.

## CONCLUSÕES

Podemos concluir que ao alterar os parâmetros de corte, o IT de Máquina variou pouco de um teste para outro, para resolver este problema, foi subdividido cada IT em três grupos (A, B e C), conforme exemplo, abaixo:

IT 9 =  $\pm 0,62\text{mm}$

Grupo A =  $\pm 0,020\text{mm}$

Grupo B =  $\pm 0,041\text{mm}$ , com exceção  $\pm 0,020\text{mm}$

Grupo C =  $\pm 0,062\text{mm}$ , com exceção  $\pm 0,041\text{mm}$

Com isto, fica evidenciado que em uma usinagem com precisão finíssima, os parâmetros de corte, precisam estar de acordo com as tabelas e valores calculados, para seguir uma padronização pré-defina em todo tipo de usinagem.

## REFERÊNCIAS

**ABNT-NBR6158.** “Sistema de tolerâncias e ajustes”. ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 1996.

**ASME Y 14.5M.** “Dimensioning and tolerancing”. ASME, USA, 1994

**BJORKE, O.** “Computer aided tolerancing”. Norway: Tapir Publisher, 1978.

**CHASE, K. W.; GREENWOOD, W. H.;** “Least cost tolerance allocation for mechanical assemblies with automated process selection”. Manufacturing Review, v. 3, 1990, p. 49-59.

**DRAKE, P. Jr.** “Dimensioning and tolerancing handbook”. MacGraw- Hill: 1999.

**MONTGOMERY, D. C.** “Introdução ao Controle Estatístico de Qualidade”, 4ª edição, 2004.

**PECKENER, D.; BERNSTEIN, I.M.,** 1977, “Handbook of Stainless Steels”. USA. McGraw Hill, Cap. 24.

**VOELCKER, H. B.** The current state of affairs in dimensional tolerancing: 1997. Integrated Manufacturing System, v. 9, n. 4, 1998, p. 205-217.