

# **Relatório e análise do trabalho realizado no torno didático.**

**Cristóvão Bartholo Gomes – 14/0135081**

**UnB, Brasília**

**28/11/2018**

## **1- Objetivos:**

O objetivo deste projeto é projetar, programar e posteriormente analisar a peça no torno didático utilizando a teoria aprendida em sala de aula. A partir da peça produzida analisaremos as medidas e erros dimensionais e geométricos da peça e faremos a análise de capacidade da máquina.

## **2- A peça:**

A peça utilizada no torno didático foi uma vela de dimensões 150mm de comprimento e 50mm de diâmetro. Como a peça apresenta erros geométricos altos, planejou-se um balanceamento prévio de 2 milímetros.

Os primeiros 50 milímetros da peça foram designados para fixação, portanto o projeto consistiu em usar os 100 milímetros da outra extremidade. Para que houvesse um melhor acabamento no topo da vela, que por fabricação apresenta algumas deformidades, foi realizado o faceamento nesta região ao final do processo de desbaste.

Dada a fragilidade do material e imperfeições no processo de fabricação a profundidade máxima de penetração na peça para este projeto foi estabelecida em 15 mm.

## **3- Projeto:**

O software usado para o planejamento da peça foi o CNC Simulator, versão estudantil. Primeiramente foram ajustados parâmetros necessários no software para lidar com o projeto de maneira correta, como uso de milímetros como medida padrão, escolha da máquina e ativar uso do raio como referência ao invés de diâmetro, entre outros.

Em seguida foi definido o zero peça, que ficou no centro da vela na extremidade à direita. O plano de segurança foi definido em X30 e a posição de segurança à X30 Z5.

Dada as condições de usinagem foi definido que a quantidade máxima de material a ser retirado é de 2mm por passe. A compensação da raio é desativada, portanto foi calculada previamente, a ferramenta apresenta uma geometria de espessura de 2 milímetros, sendo que o ponto de referência é o vertice esquerdo da ferramenta.

A simulação em duas dimensões da peça ficou como mostra a figura 1 e a simulação em três dimensões na figura 2.

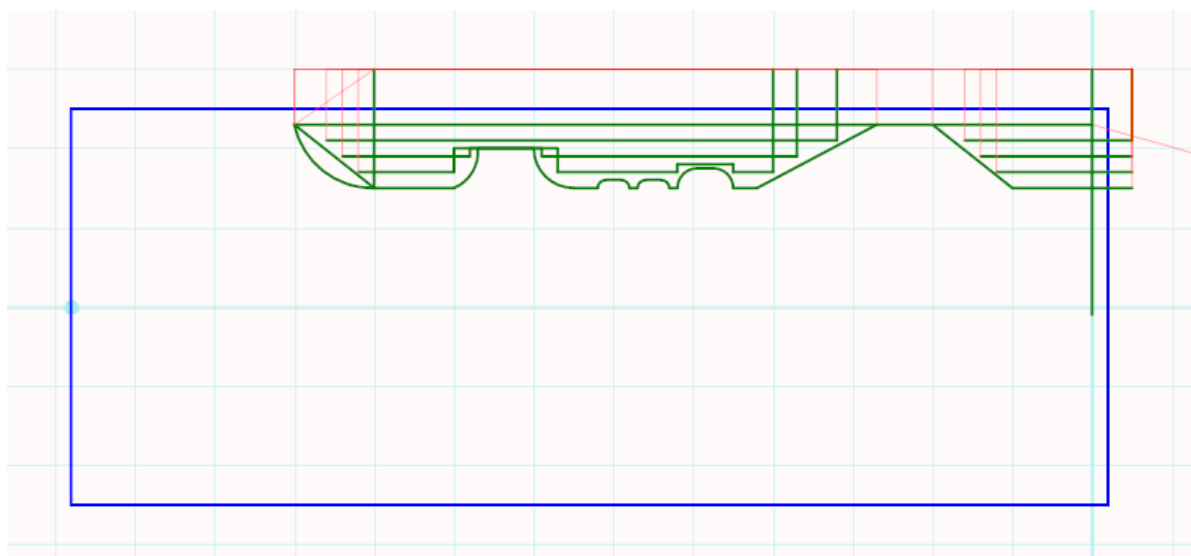


figura 1 – peça em simulação 2-D, CNC Simulator.

#### Parâmetros de torneamento:

Espessura da Ferramenta (mm)	2
Profundidade de Corte (mm/passe)	2
Zero Peça (mm)	(X,Y) = (0,150)
Zero Ferramenta (mm)	(X,Y) = (0,0)
Ponto de segurança	(X,Y) = (30, 5)
Velocidade de Corte (rpm)	900
Avanço (mm/min)	450

Tabela 1 – parâmetros de torneamento

#### 4 – Código:

(\$Lathe)  
(\$Millimeters)  
(\$AddRegPart 3)  
(crisprog2)

```
%10
G90 G40 G18 G21 G94
G92 Z128
T8 M6
ET8
S900 M03
(Enter your CNC code here)
G00 Z0 X23
G01 Z-100
G00 X30
Z5
G01 X21
Z-16
G00 X30
Z5
X19
G01 Z-14
G00 X30
Z5
X17
G01 Z-12
G00 X30
Z5
X15
G01 Z-10
X23 Z-20
G00 X30
Z-32
G01 X21
Z-96
G00 X30
Z-37
G01 X19
Z-69
X20
Z-78
X19
Z-94
G00 X30
Z-40
G01 X17
Z-45
X18
Z-52
X17
Z-67
G01 X20
Z-80
X17
Z-92
G00 X30
Z-27
X23
G1 X15 Z-42
Z-45
G03 X17.5 Z-47.5 R2.5
G1 Z-49.5
G03 X15 Z-52 R2.5
G01 Z-53
G03 X16 Z-54 R1
G01 Z-56
G03 X15 Z-57 R1
G01 Z-58
G03 X16 Z-59 R1
G01 Z-61
G03 X15 Z-62 R1
G01 Z-65
G02 X20 Z-70 R5
G01 Z-77
G02 X15 Z-80 R5
G01 Z-90
G01 X23 Z-100
G00 X30 Z-90
G01 X15
G02 X23 Z-100 R10
G00 X30
Z0
G01 X-1
G00 X30 Z5
(G01 X21)
(END)
M30
```

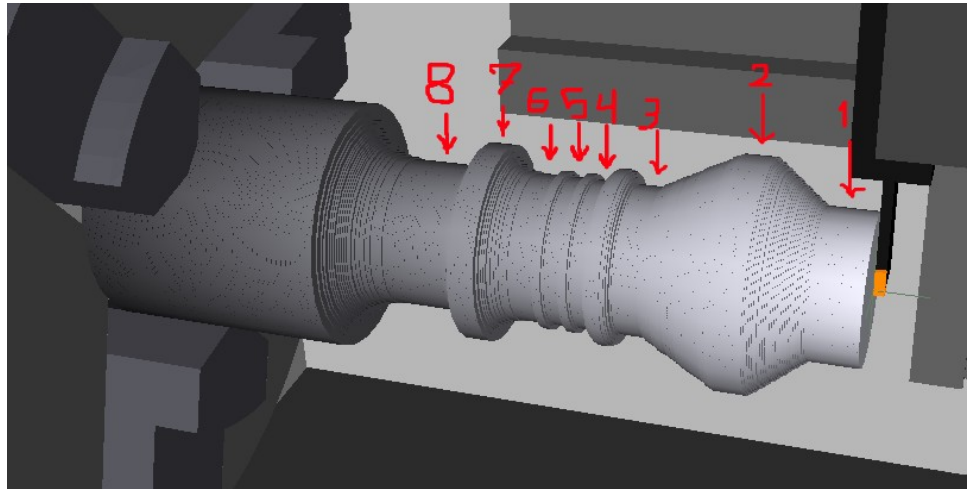


Figura 2 – Simulação 3-D, CNC simulator.



Figura 3 – Resultado final, Vela.

## 5- Resultado:

A peça foi feita no torno didático e o resultado final é mostrado na figura 3. Para cada posição indicada na figura 2 que é a simulação em três dimensões do CNC simulator foram feitas oito medidas de diâmetro, em que se rotacionava a peça sobre a ferramenta de medição, resultando em um total de sessenta e quatro medidas mostradas na tabela 3, e os valores nominais mostrados na tabela 2.

Seção 1	Seção 2	Seção 3	Seção 4	Seção 5	Seção 6	Seção 7	Seção 8
30	46	30	30	30	30	40	30

Tabela 2 – Valores nominais (em milímetros).

	Seção 1	Seção 2	Seção 3	Seção 4	Seção 5	Seção 6	Seção 7	Seção 8
1	30.6840	46.3645	30.0878	30.3800	30.6705	29.5864	39.4143	29.2153
2	30.5373	46.3609	30.0861	30.0977	30.8268	29.7159	39.2367	29.2384
3	30.6328	46.4721	30.1133	30.3101	30.9219	29.7196	39.1295	29.2079
4	30.7007	46.3992	30.3779	30.5134	30.0774	29.7421	39.0922	29.2707
5	30.7225	46.3131	30.1893	30.5191	30.5190	29.6430	39.3112	29.1998
6	30.5720	46.4139	30.1522	30.1020	30.0890	29.6771	39.4351	29.2476
7	30.6308	46.3704	30.2004	29.9845	30.0041	29.6352	39.4389	29.2363
8	30.6558	46.3503	30.1531	30.1611	30.1330	30.1882	39.2295	29.2427
Média	30.6420	46.3805	30.1700	30.2585	30.4052	29.7384	39.2859	29.2323
Desvio Padrão	0.0632	0.0479	0.0942	0.2019	0.3723	0.1889	0.1365	0.0233

Tabela 3 – Valores medidos (em milímetros).

Houve um pequeno erro no zeramento da ferramenta, podemos assumir que foi um valor em torno de 0.64 milímetros, que é o desvio do valor esperado medido mais próximo do zeramento da ferramenta. Avaliando os demais desvios do valor esperado pode-se notar que há um consistente decrescimento deste valor.

Vale observar que houve um desvio padrão maior para as seções 4 e 5, isso se deve ao fato de que a posição de medição desses diâmetros era pouco espessa e dificultava o posicionamento no medidor. Portanto este desvio pode ser atribuído a um erro de medição.

Isso provavelmente se deve ao fato de que a máquina apresenta um erro na inclinação do trilho, uma maneira de calcular esse valor pode-se utilizar a estimativa de diâmetro realizada (a média) e calcular o desvio para o valor nominal em cada região. Estes dados calculados são mostrados na tabela 4 juntamente com a posição estimada de medição destes valores (Z).

	Seção 1	Seção 2	Seção 3	Seção 4	Seção 5	Seção 6	Seção 7	Seção 8
Posição	-5	-22.5	-42.5	-51.5	-56.5	-62.5	-72.5	-85
Desvio	0.6420	0.3805	0.1700	0.2585	0.4052	-0.2616	-0.7141	-0.7677

Tabela 4 – Posição e Desvio (em milímetros).

Utilizando o software MatLab pôde-se realizar a regressão linear através do comando *polifit* e determinar o coeficiente angular e o coeficiente linear que foram respectivamente 0,0176 e 0.8881, como mostra a figura 4.

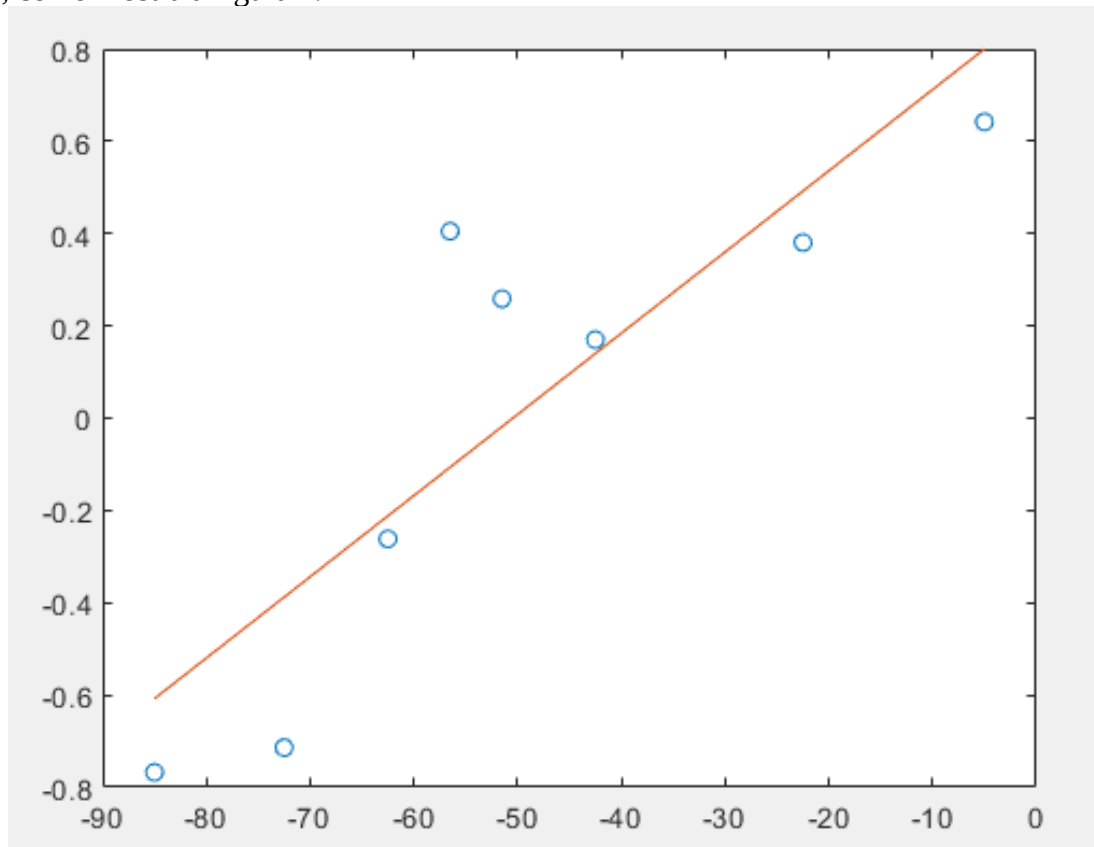


Figura 4 – Gráfico de regressão linear.

Podemos então usar a função *atan* para determinarmos a inclinação estimada pela regressão linear e em seguida usar o comando *rad2deg* para converter este valor para graus:

$$\begin{aligned} \text{atan}(0.0176) &= 0.0176 \\ \text{rad2deg}(0.0176) &= 1.0083 \end{aligned}$$

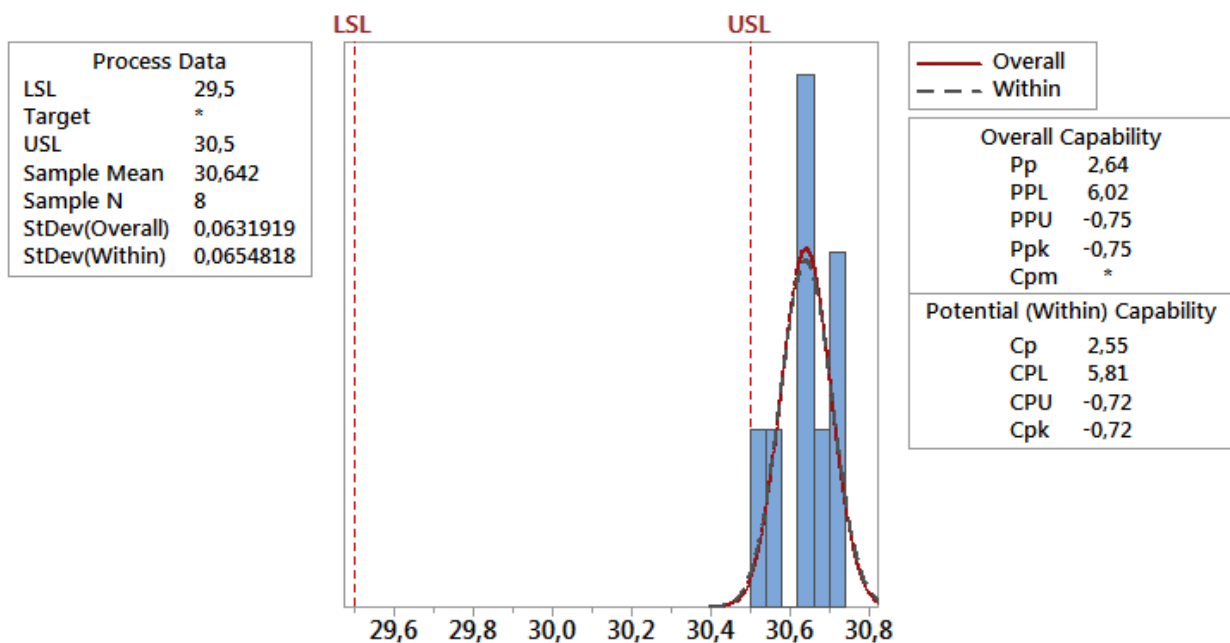
Portanto a inclinação estimada é de 1.0083 grau.

## 6 – Análises:

Foi feita a análise de capacidade para cada diâmetro medido na tabela 3. Os limites superiores e inferiores foram definidos como 0.5 mm para cada medida, ou seja, um desvio de mais ou menos 0.5 mm para o valor nominal da peça.

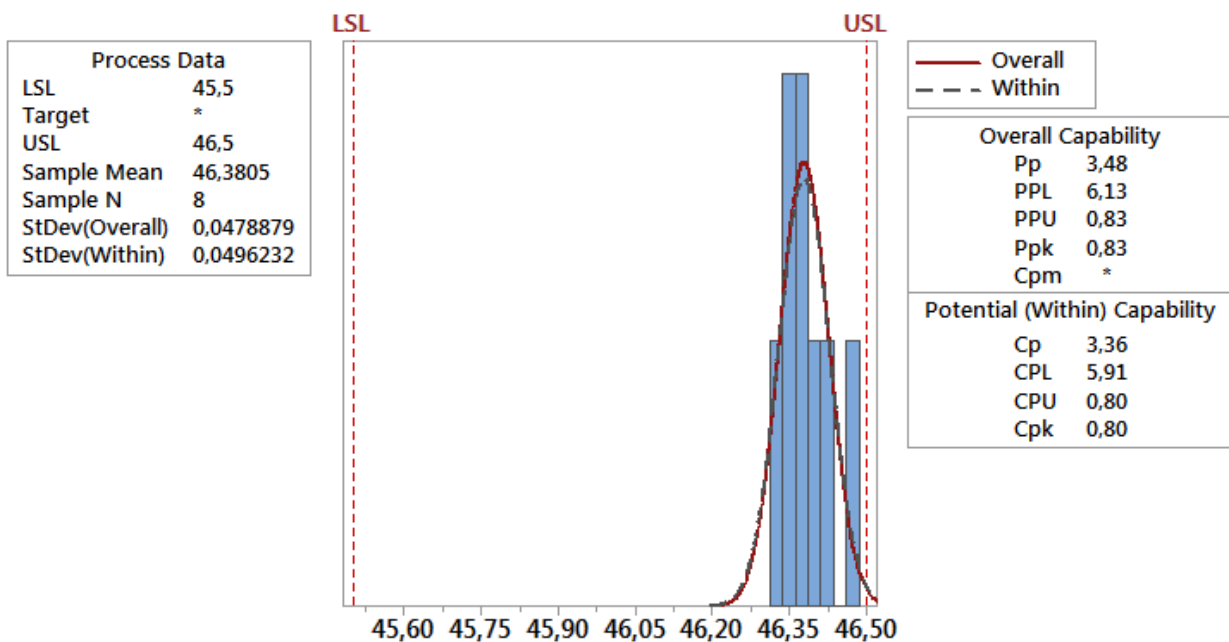
A análise foi feita através do software Minitab, os valores de diâmetro estão indicados como a letra “d” e o seu respectivo índice da tabela (d1, d2, ...).

## Process Capability Report for d1



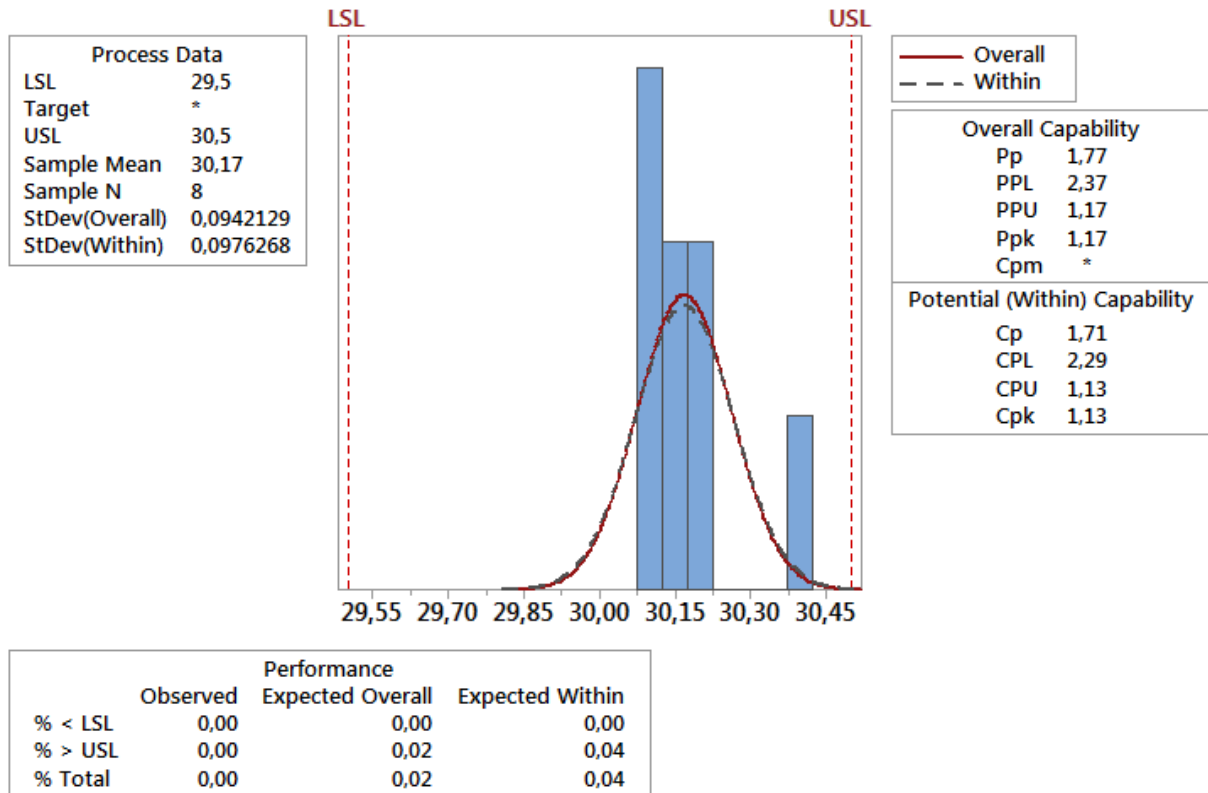
	Observed	Performance	
		Expected Overall	Expected Within
% < LSL	0,00	0,00	0,00
% > USL	100,00	98,77	98,49
% Total	100,00	98,77	98,49

## Process Capability Report for d2

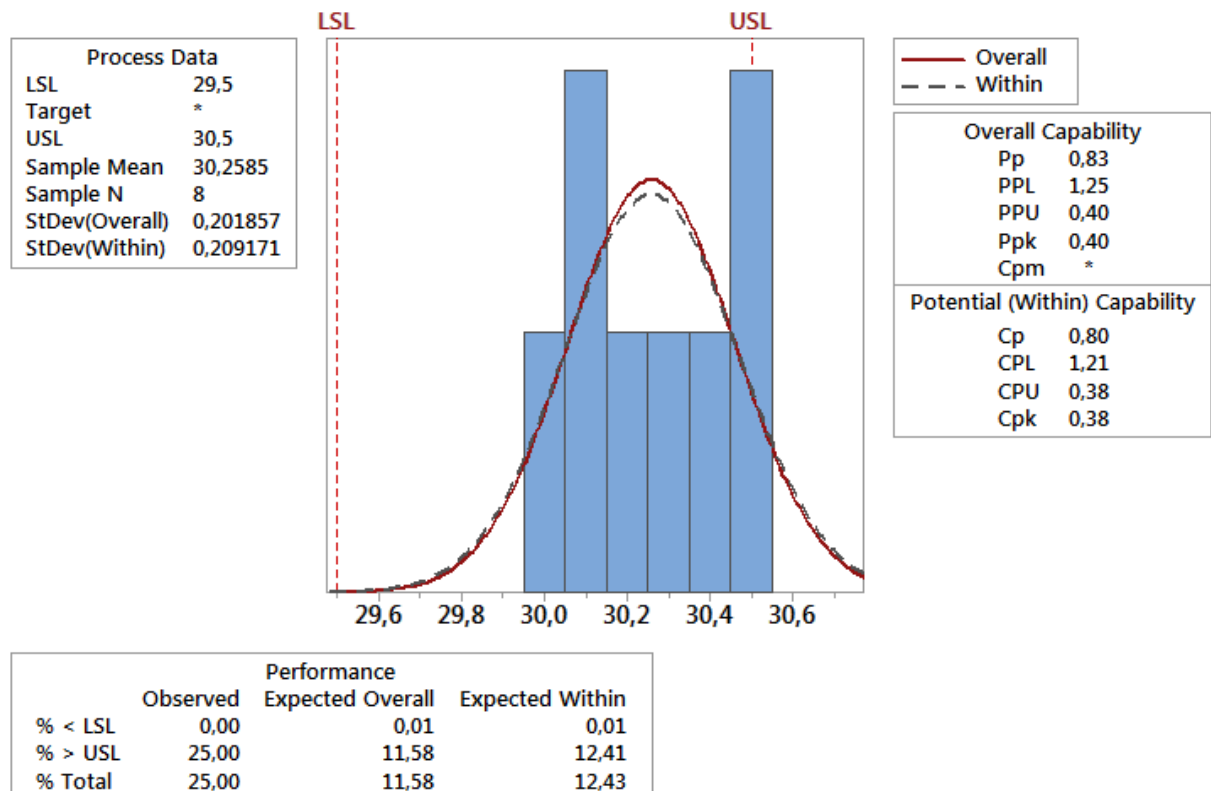


	Observed	Performance	
		Expected Overall	Expected Within
% < LSL	0,00	0,00	0,00
% > USL	0,00	0,63	0,80
% Total	0,00	0,63	0,80

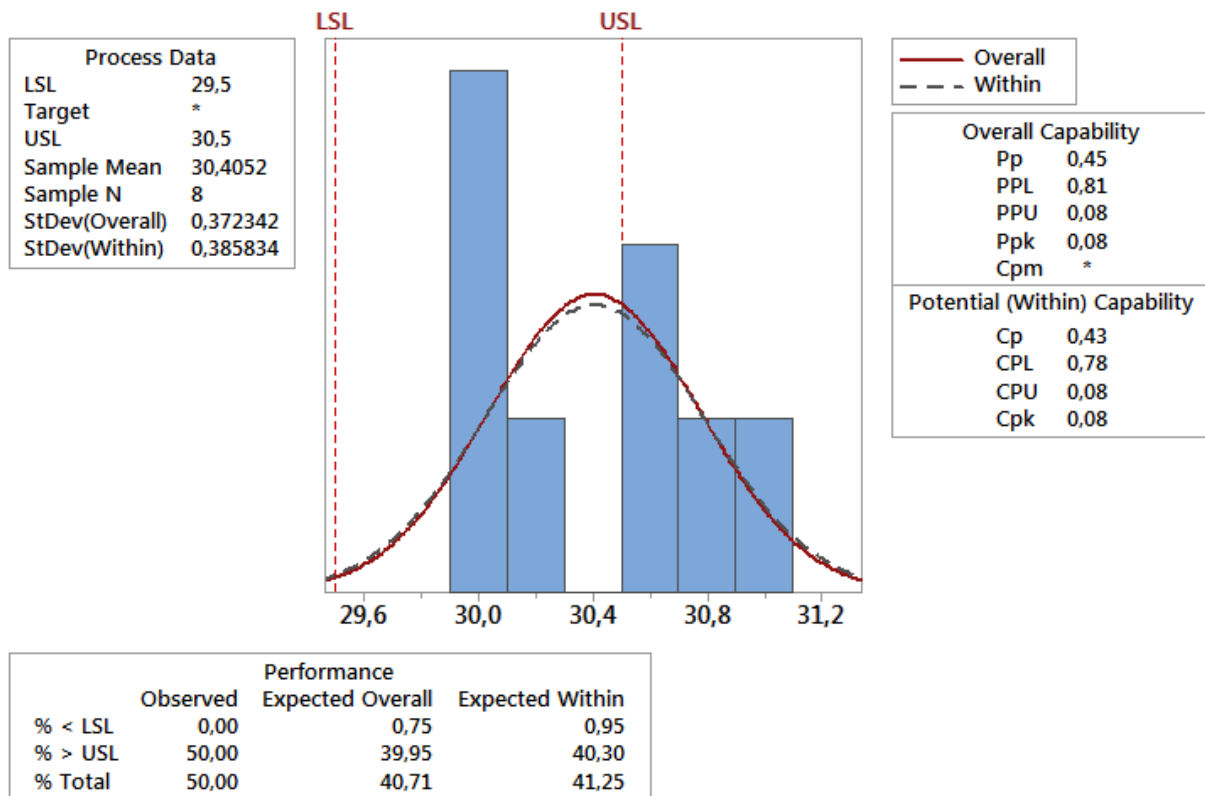
## Process Capability Report for d3



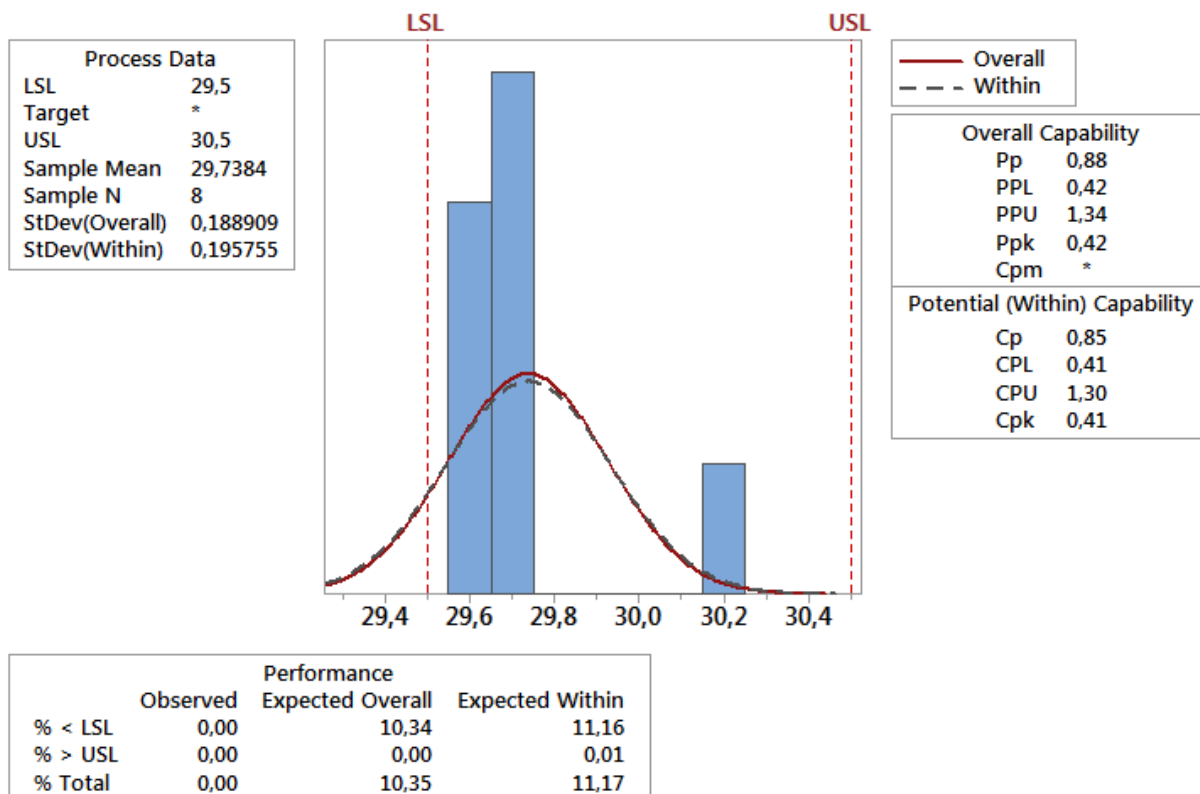
## Process Capability Report for d4



## Process Capability Report for d5

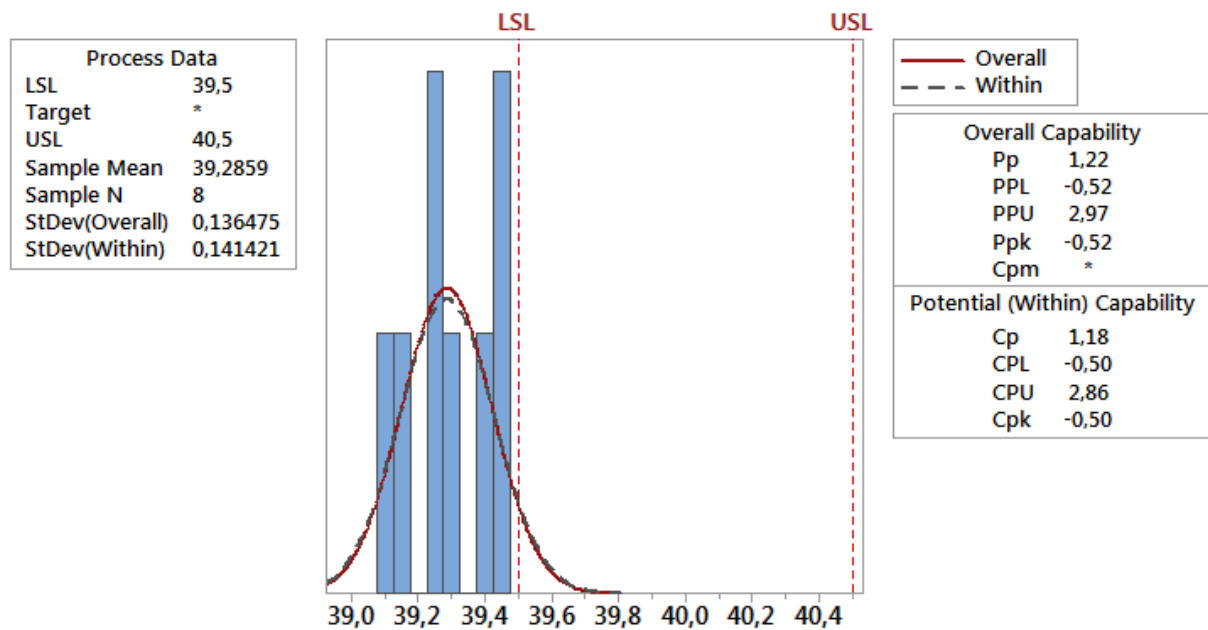


## Process Capability Report for d6



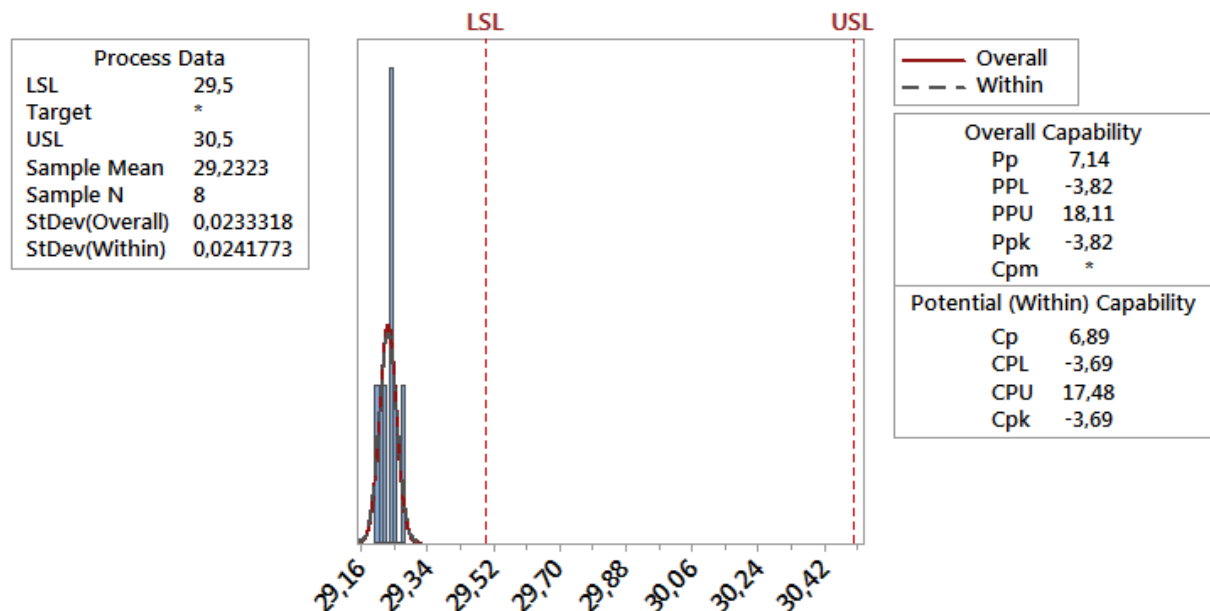


## Process Capability Report for d7



	Performance		
	Observed	Expected Overall	Expected Within
% < LSL	100,00	94,16	93,50
% > USL	0,00	0,00	0,00
% Total	100,00	94,16	93,50

## Process Capability Report for d8



	Performance		
	Observed	Expected Overall	Expected Within
% < LSL	100,00	100,00	100,00
% > USL	0,00	0,00	0,00
% Total	100,00	100,00	100,00

Observando os resultados pode-se perceber que o impacto da inclinação do eixo. Nas extremidades há um deslocamento e na região central as medidas estão mais propensas a atender o requisito estabelecido. Isso se deve à uma combinação do fato do eixo estar inclinado e do zeramento impreciso da peça, o impacto disto é bastante alto na produção de peças com a tolerância estabelecida, portanto para a tolerância estabelecida deste projeto a peça produzida não satisfaz os requisitos estabelecidos e a máquina provavelmente não está apta para uma produção de peças de tolerância similares a estas.

## **7 – Conclusão**

Ao longo deste projeto foi perceptível a necessidade da especificação dos parâmetros de planejamento, bem como analisar a capacidade da máquina na realização dele.

Notou-se que diversos fatores limitam e direcionam a fabricação da peça, como limitações da ferramenta, qualidade do material de fabricação, problemas na máquina (como foi o caso neste projeto com o torno didático, que apresentou uma inclinação em seu eixo), limitações no driver da ferramenta que a impede de realizar certas funções em código G, material da peça não homogêneo, entre outros fatores.

A peça produzida não satisfaz os requisitos estabelecidos no projeto, isto pode ser atribuído a diversos fatores, dentre eles o fato da vela utilizada não era homogênea, vibrações, zeramento da peça impreciso (realizado manualmente) e eixo do torno angulado (aproximadamente um grau, como mostrado nos cálculos apresentados).

## **8 – Bibliografia**

<http://alvarestech.com/temp/tcn/AnaliseCapabilidadeExemploRobo.pdf>  
<https://www.youtube.com/watch?v=phreoIGpBXc>  
<https://www.youtube.com/watch?v=A1R7rtHm7Dk>  
<http://www.portaaction.com.br/566-%C3%ADndices-de-capacidade-do-processo-cp-e-cpk>