

## Lista de EXERCÍCIOS CAPACIDADE DE PROCESSO

- 1 - O nosso processo tem os seguintes valores históricos, quanto à temperatura de reação:
- Média: 60°C
  - Desvio padrão: 2°C
  - **O projeto exige que a temperatura da reação seja controlada entre 52 e 68°C. O processo é capaz de atender à especificação do projeto?**

$$\text{Média} = (52+68)/2=60$$

$$Cp=(68-52)/(6 \times 2) = 16/12 = 1,3333$$

**O processo é capaz**

- 2 - O nosso processo tem os seguintes valores históricos, quanto à PUREZA do produto:
- Média: 97%
  - Especificação atual: 95% (mínimo)
  - Desvio padrão: 0,4%
  - A Área de Vendas identificou um potencial cliente, mas que exige uma especificação mínima de 95,8%.
  - **Podemos garantir a qualidade e atender ao novo cliente?**

$$Cpi = (97-95)/(3 \times 0,4) = 2/1,2 = 1,67$$

**O processo é capaz.**

- 3 - Considere os resultados da média e do desvio padrão do peso de um cereal contido em uma caixa, resultantes de dois processos de embalagem distintos.

### **PROCESSO A**

$$\bar{X}_1 = 50,00$$

$$S1 = 0,60$$

### **PROCESSO B**

$$\bar{X}_2 = 48,00$$

$$S2 = 0,25$$

A indústria alimentícia produtora do cereal estabeleceu as especificações em  $50 \pm 3$  kg. Calcule  $Cp$  e  $Cpk$  para os dois processos e interprete estes índices. Qual processo você prefere usar?

$$\text{PROCESSO A: } Cp = Cpk = (53 - 47) / (6 \times 0,6) = 1,6667$$

$$\text{PROCESSO B: } Cp = (53 - 47) / (6 \times 0,25) = 4$$

$$Cpk = \min \{((53 - 48) / (3 \times 0,25)), ((48 - 47) / (3 \times 0,25))\} =$$

$$Cpk = \min \{(5 / 0,75), (1 / 0,75)\} = \min \{6,6667 ; 1,333\} = 1,3333$$

**O processo escolhido é o A pois o Cp é maior que o Cpk do processo B**

- 4 - Uma empresa iniciou o giro do PDCA para aumentar a confiabilidade do prazo de entrega de seus produtos. Durante a etapa de planejamento a empresa determinou que o prazo de entrega deveria ser, no mínimo, de 60 horas e, no máximo, de 100 horas, sendo o ideal igual a 80 horas. Se a entrega for superior a 100 horas a empresa terá problemas com o cliente. Por outro lado, se a entrega for inferior a 60 horas, a empresa terá problemas com relação ao estoque do material produzido. Após ser implantada uma nova linha de produção para o produto, verificou-se que o processo estava sob controle estatístico com média igual a 85 horas e desvio padrão igual a 10 horas.

- a. Calcule Cp e Cpk.

$$cp = 40 / (6 \times 10) = 0,6667$$

$$cpk = \min \{(15 / 30), (25 / 30)\} = \min \{0,5 ; 0,83\} = 0,5$$

- b. Qual a possível redução na porcentagem de entrega fora do prazo obtida por meio da mudança da média para o valor nominal?

$$Z \text{ antes} = 1,5$$

$$\begin{aligned} PFE &= P[Z \leq -2,5] + P[Z \geq 1,5] = P[Z \leq -2,5] + (1 - P[Z \leq 1,5]) = 0,062 + (1 - 0,9332) = \\ &0,062 + 0,09332 = 0,15532 = 15,53\% \end{aligned}$$

$$Z \text{ Depois} = 2$$

$$\begin{aligned} PFE &= P[Z \leq -2] + P[Z \geq 2] = P[Z \leq -2] + (1 - P[Z \leq 2]) = 0,0228 + (1 - 0,9772) = \\ &0,0228 + 0,0228 = 0,0456 = 4,56\% \end{aligned}$$

**Há redução de 10,97%**

5. Uma determinada empresa possui uma máquina de enchimento de balões de oxigênio a baixa pressão. Dados recolhidos ao longo dos dois últimos meses apontam para um peso médio dos balões depois de enchidos de 1,433g, com um desvio padrão de 0,033g. As especificações definidas pela empresa para o peso dos balões são de  $1,460 \pm 0,085$ g. Considere que a variável peso segue uma distribuição normal. Calcule Cp e Cpk e responda se o processo está sob controle.
- a) Calcule a capacidade do processo, recorrendo aos índices Cp e Cpk. Comparando os dois valores, o que pode concluir acerca do processo de enchimento dos balões?

$$cp = 0,17 / (6 \times 0,033) = 0,8585859$$

$$\begin{aligned} cpk &= \min \{(0,112 / 0,099), (0,058 / 0,099)\} = \min \{1,131313 ; 0,58586\} \\ &= 0,58586 \end{aligned}$$

**O processo não é capaz.**

6. Supondo que o fabricante de eixos cilíndricos, deseja produzir no mesmo processo, com LSC

= 10,4; LM = 10,0 e LIC = 9,6; deseje produzir eixos com especificação de medida do diâmetro seja de  $10,5 \pm 0,6$  mm, calcular:

a. O Cpk.

$$\text{cpk} = \min \{(LSE-X / LSC-X), (X-LIE / X-LIC)\} = \min \{(1,1 / 0,4), (0,1 / 0,4)\}$$

$$\min \{(2,75), (0,25)\} = 0,25$$

b. Veja se o processo é capaz.

### O processo não é capaz.

7. Uma tecelagem produz determinado tipo de tecido com peso específico de 422 gramas por metro quadrado e desvio padrão de dois gramas. O processo é rigidamente controlado através de um controle estatístico de processo.

Uma grande indústria de confecções está disposta a aceitar apenas tecidos com peso específico de  $420 \pm 6$  gramas. Calcular o Cpk deste processo e diga se o processo é capaz de atender as especificações da indústria de confecções.

$$\text{cpk} = \min \{(4 / 6), (8 / 6)\} = \min \{0,66667 ; 1,33333\} = \mathbf{0,66667}$$

8 - Uma fábrica de cabos quer saber se o seu processo é capaz, e para isto providenciou a coleta de dados durante 30 dias.

A especificação do cliente é de  $0.55 \pm 0.05$  cm.

Com base nos dados contidos no arquivo “Diâmetro do Cabo.xls” faça a análise de capacidade e teça seus comentários sobre o processo.

A análise do sistema de medição apresentou estes dados:

R&R = 19%

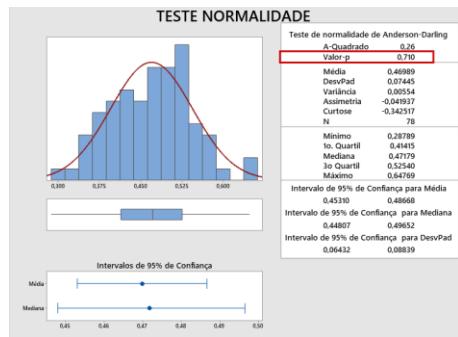
ID = 6

Tamanho da Amostra é 1

Diâmetro do Cabo	
1	0,506253
2	0,585246
3	0,471155
4	0,503017
5	0,452157
6	0,452399
7	0,561591
8	0,486464
9	0,533939
10	0,647693
11	0,440629
12	0,418687
13	0,287892
14	0,472042
15	0,349525
16	0,386232
17	0,522895
18	0,420997
19	0,430807
20	0,513345
21	0,358982
22	0,429265
23	0,535573
24	0,487282
25	0,535491
26	0,384418
27	0,570466
28	0,389914
29	0,475505
30	0,486088
31	0,511515
32	0,491319
33	0,471546
34	0,369704
35	0,411771
36	0,525224
37	0,467751
38	0,368223
39	0,414949
40	0,328715
41	0,555594
42	0,523724
43	0,410077
44	0,525935
45	0,496496
46	0,555593
47	0,532749
48	0,338488
49	0,432239
50	0,565066
51	0,535663
52	0,439945
53	0,419993
54	0,516659
55	0,375302
56	0,354243
57	0,442068
58	0,49575
59	0,427476
60	0,466314
61	0,448933
62	0,642515
63	0,401767
64	0,409689
65	0,49311
66	0,508478
67	0,458599
68	0,496701
69	0,559566
70	0,392353
71	0,394879
72	0,363555
73	0,470683
74	0,534273
75	0,506046
76	0,596366
77	0,542905
78	0,564994

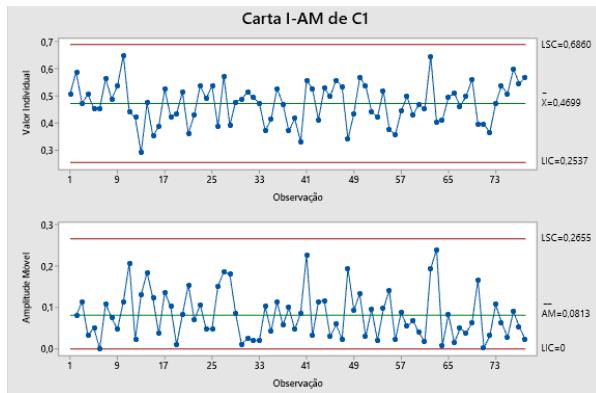
#### Premissas:

- Sistema de Medição (MSA) validado: ok
- Distribuição normal:



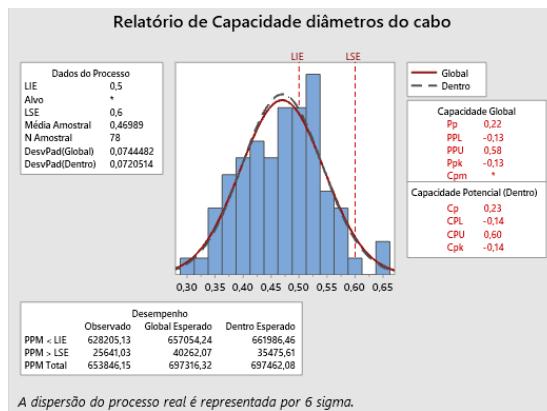
Valor-p maior que 0,05, então há distribuição normal.

- Processo estável:



Processos está estável pois não há causas especiais.

- Capacidade



Cp=0,23 e cpk = -0,14

O processo não é capaz, e há uma perca de 653.846,15 produtos por milhão.

9 - Tempo de Entrega Pizza - Use o arquivo CAPABILIDADE - Tempo de Entrega Pizza.mpj que esta nos anexos, e levando em consideração que as premissas para capacidade foram validadas, que o tamanho da amostra é 1 e a especificação dos clientes é de máximo de 60 minutos, pode-se afirmar que:

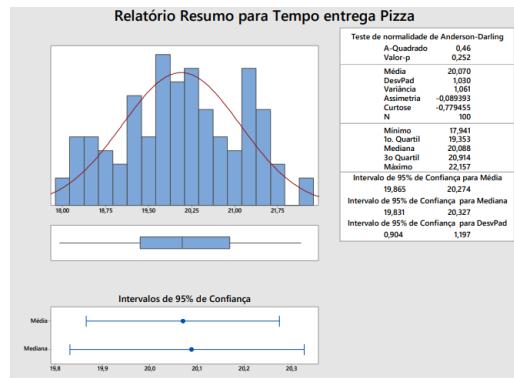
**Marque a afirmativa CORRETA.**

- a. o processo é mais do que capaz de entregar uma pizza no tempo máximos de 60 minutos.
- b. o processo não é capaz
- c. o processo precisa de melhorias urgentes
- d. Nenhuma das anteriores

	Tempo entrega Pizza
1	20,87580395
2	19,87223802
3	20,33407377
4	20,97092639
5	21,58807737
6	21,72984356
7	19,81599146
8	21,47797647
9	19,77425353
10	19,35071887
11	18,29023991
12	20,35449072
13	22,1502399
14	21,22038247
15	20,31922042
16	19,36551102
17	20,68013349
18	19,52856083
19	18,47302264
20	20,15187057
21	20,0926107
22	18,57153419
23	21,06288716
24	19,72302976
25	19,14378071
26	21,58300029
27	20,73960513
28	18,71290668
29	20,05451775
30	19,67664486
31	21,17426479
32	21,6110583
33	19,96597555
34	20,71288121
35	18,06897509
36	18,84933696
37	18,26215576
38	21,43629336
39	20,10711628
40	19,26894221
41	20,26183892
42	19,93245256
43	20,3842722
44	20,31623055
45	20,23969053
46	20,08394368
47	19,81878484
48	17,94137693
49	21,15402711
	21,22720087
50	

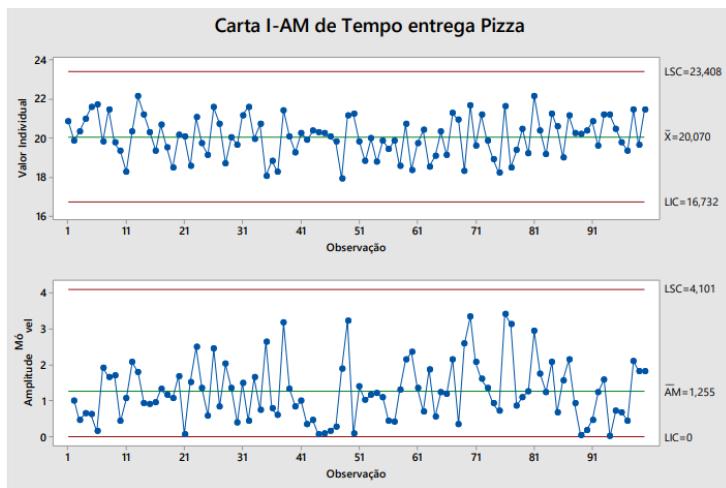
**Premissas:**

- Sistema de Medição (MSA) validado: ok
- Distribuição normal:



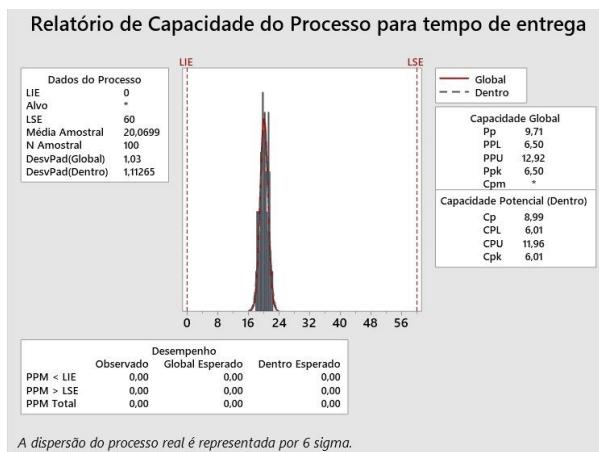
Valor-p maior que 0,05, então há distribuição normal.

- Processo estável:



Processos estável pois não há causas especiais.

- Capacidade



O valor de  $C_p = 8,99$ , EXCELENTE é maior que 1,33 e  $C_{pk} = 6,01$  esta EXCELENTE, pois o valor é maior que 1,33, e esta pouco deslocado para a esquerda. NÃO produzirá itens

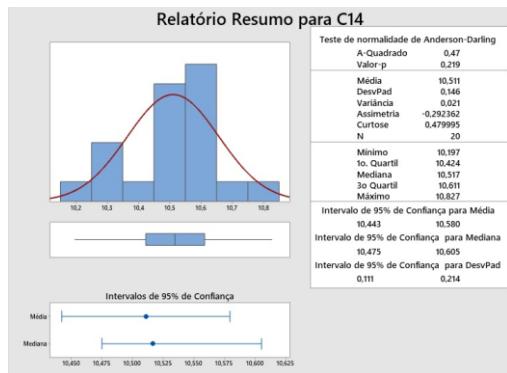
**Defeituosos.**

10 - Na usinagem de peças uma característica importante é o comprimento das mesmas. A tabela apresenta as medições na produção de 20 amostras com 3 peças. Analise a capacidade do processo considerando as seguintes especificações: LSE = 12 e LIE = 9.

Lote	Medições			Média	Amplitude
1	10,69	10,80	10,39	10,627	0,41
2	10,20	10,30	10,72	10,407	0,52
3	10,42	10,61	10,54	10,523	0,19
4	10,98	10,27	10,50	10,583	0,71
5	10,61	10,52	10,67	10,600	0,15
6	10,57	10,46	10,50	10,510	0,11
7	10,44	10,29	9,86	10,197	0,58
8	10,20	10,29	10,41	10,300	0,21
9	10,46	10,76	10,74	10,653	0,3
10	10,11	10,33	10,98	10,473	0,87
11	10,29	10,57	10,65	10,503	0,36
12	10,83	11,00	10,65	10,827	0,35
13	10,35	10,07	10,48	10,300	0,41
14	10,69	10,54	10,61	10,613	0,15
15	10,44	10,44	10,57	10,483	0,13
16	10,63	9,86	10,54	10,343	0,77
17	10,54	10,82	10,48	10,613	0,34
18	10,50	10,61	10,54	10,550	0,11
19	10,29	10,79	10,74	10,607	0,5
20	10,57	10,44	10,52	10,510	0,13

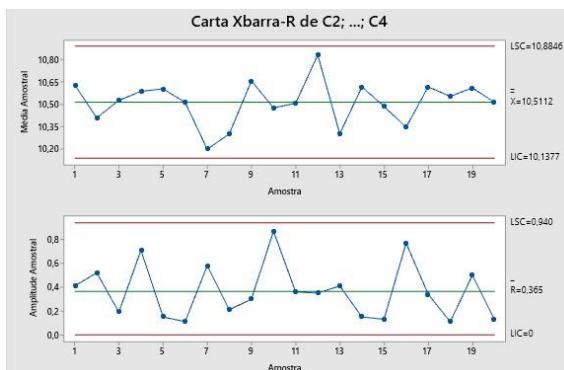
Premissas:

- Sistema de Medição (MSA) validado: ok
- Distribuição normal:



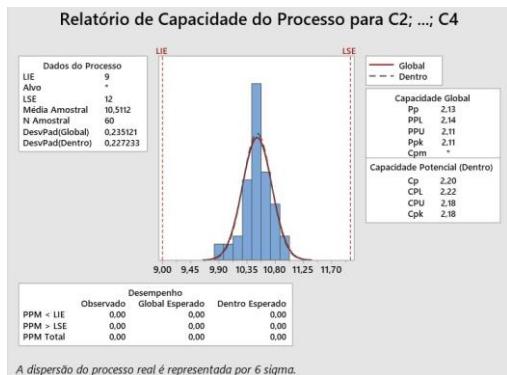
Valor-p maior que 0,05, então há distribuição normal.

- Processo estável:



Processos está estável pois não há causas especiais.

- Capacidade



**O valor de  $C_p = C_{pk} = 2,18$  é EXCELENTE porque é maior que 1,33. O processo não produzirá itens defeituosos, sendo um processo 6 sigmas.**

11 - Quanto às três situações de capabilidade de processos ( $C_{pk}$ ) apresentadas acima, conclui-se que a situação:



Legenda: LIE: Limite Inferior de Especificação; LSE: Limite Superior de Especificação; LIC: Limite Inferior de Controle; LSC: Limite Superior de Controle.

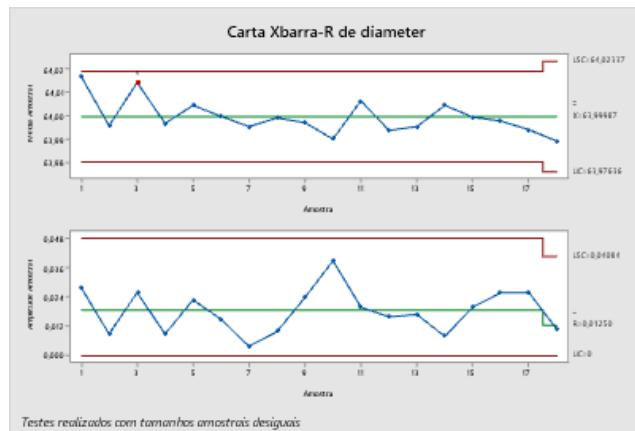
- I - X apresenta  $C_{pk}$  menor que 1 e o processo não é capaz de atender às especificações.
- II - Y apresenta  $C_{pk}$  menor que 1 e o processo é capaz de atender às especificações.
- III - Z apresenta  $C_{pk}$  maior que 1 e o processo é capaz de atender às especificações.
- IV - Y apresenta  $C_{pk}$  menor que 1 e o processo não é capaz de atender às especificações.

Estão corretas as conclusões

- A. I e II, apenas.
- B. I e III, apenas.**
- C. II e III, apenas.
- D. I, II e III, apenas.
- E. I, II, III e IV.

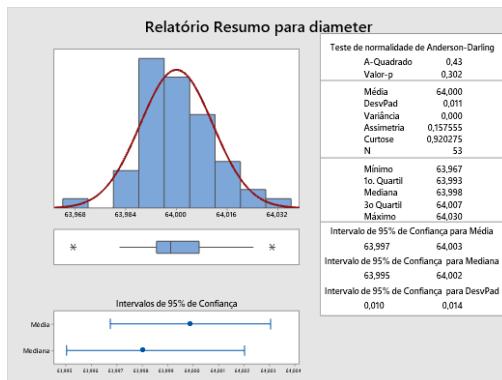
12 - O diâmetro dos pinos de fusíveis, usados em uma aplicação de um motor de avião, é uma característica importante da qualidade. Vinte e cinco amostras, de três pinos cada uma, são mostradas a seguir (em mm):

- Estabeleça os gráficos X e R para esse processo. Se necessário, reveja os limites de modo que nenhuma observação esteja fora de controle.



Não há pontos fora de controle

- b. Verifique se os dados podem ser representados por uma distribuição normal. (Utilize-se da Estatística descritiva)



Valor-p > 0,05, então ok.

- c. Suponha que as especificações do processo sejam  $64 \pm 0,02$ . Calcule uma estimativa de CP. O processo é Capaz de atender a esta especificação?



Processo não é capaz pois cp < 1

subgroup	diameter	subgroup	diameter	subgroup	diameter
1.	64,030	11.	63,994	21.	63,988
1.	64,002	11.	63,998	21.	64,001
1.	64,019	11.	63,994	21.	64,009
2.	63,995	12.	64,004	22.	64,004
2.	63,992	12.	64,000	22.	63,999
2.	64,001	12.	64,007	22.	63,990
3.	63,998	13.	63,983	23.	64,010
3.	64,024	13.	64,002	23.	63,989
3.	64,021	13.	63,998	23.	63,990
4.	64,002	14.	64,006	24.	64,015
4.	63,996	14.	63,967	24.	64,008
4.	63,993	14.	63,994	24.	63,993
5.	63,992	15.	64,012	25.	63,982
5.	64,007	15.	64,014	25.	63,984
5.	64,015	15.	63,998	25.	63,995
6.	64,009	16.	64,000		
6.	63,994	16.	63,984		
6.	63,997	16.	64,005		
7.	63,995	17.	63,994		
7.	64,006	17.	64,012		
7.	63,994	17.	63,986		
8.	63,985	18.	64,006		
8.	64,003	18.	64,010		
8.	63,993	18.	64,018		
9.	64,008	19.	63,984		
9.	63,995	19.	64,002		
9.	64,009	19.	64,003		
10.	63,998	20.	64,000		
10.	64,000	20.	64,010		
10.	63,990	20.	64,013		

13 – Considerando as diversas situações apresentadas na tabela, calcule o número de Defeitos por Oportunidade (DPO), o número de Defeitos por Milhão de Oportunidade (DPMO) e Identifique o valor de Sigma de cada Empresa.

$DPMO = DPO \times 10^6$			
<b>Exercícios</b>	<b>DPO</b>	<b>DPMO</b>	<b>Escala Sigma</b>
52 defeitos em 250 taças, 3 oportunidades			
990 defeitos em 750 carros, 1500 oportunidades para defeitos			
125 (D) defeitos em 1000 (N) solicitações de pagamento de seguro saúde avaliado. (7 oportunidades para defeitos por solicitação (O)).			
Em uma empresa produtora de telefones celulares, foram coletados dados da área de inspeção de 30 aparelhos. Sendo que cada aparelho pode apresentar 43 tipos de defeitos.  Nº de unidades = 30. Nº de oportunidades = 43.			

Nº de defeitos encontrados = 36.			
110 defeitos em 850 impressoras avaliadas (30 oportunidades para defeitos por impressora).			
463 defeitos em 450 solicitações de pagamento de seguro-saúde avaliadas (13 oportunidades para defeitos por solicitação).			

a)  $DPO = \frac{52}{250 \times 3} = 0,06933 \quad DPMO = DPO \times 10^6 = 69333,33$

2,9 Sigma

b)  $DPO = \frac{990}{750 \times 1500} = 0,00088 \quad DPMO = DPO \times 10^6 = 880$

4,6 Sigma

c)  $DPO = \frac{125}{1000 \times 7} = 0,01785 \quad DPMO = DPO \times 10^6 = 17857$

3,6 Sigma

d)  $DPO = \frac{36}{43 \times 30} = 0,0279069 \quad DPMO = DPO \times 10^6 = 27906,9$  3,4 Sigma

e)  $DPO = \frac{110}{850 \times 30} = 0,00431 \quad DPMO = DPO \times 10^6 = 4310$

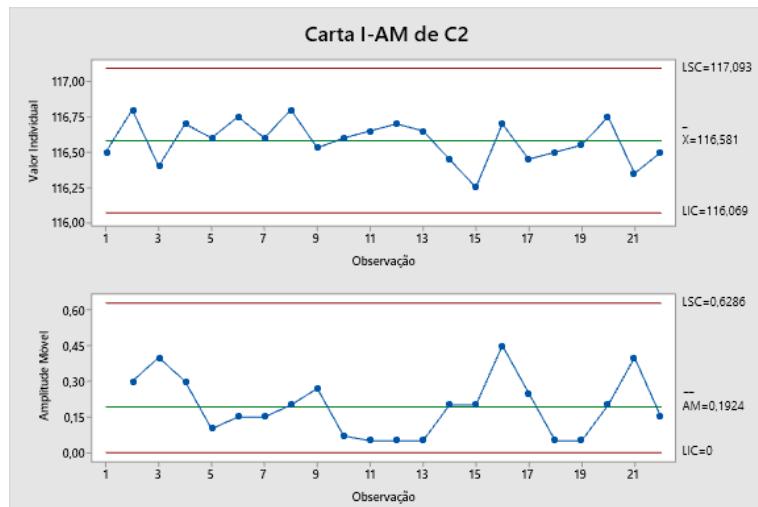
4,1 Sigma

f)  $DPO = \frac{463}{450 \times 13} = 0,07915 \quad DPMO = DPO \times 10^6 = 79150$

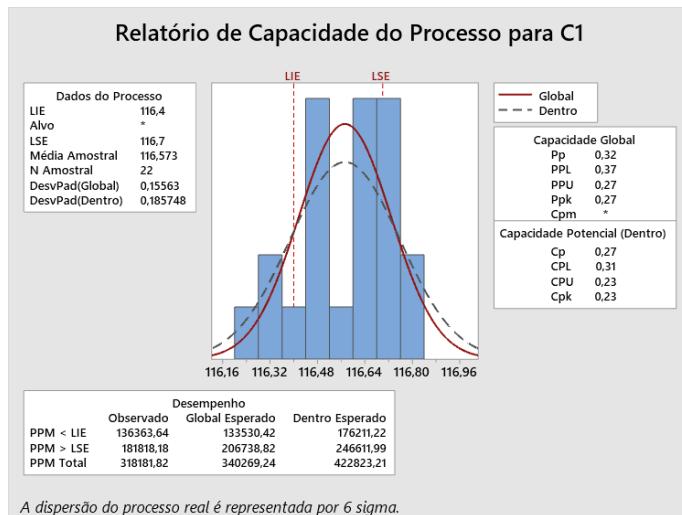
2,9 Sigma

14 - Carta de valores individuais e amplitude móvel - A densidade dos solúveis é uma variável importante na fabricação de um tipo de vidro. Por isso, o Departamento de Produção resolveu fazer uma análise de sua variação, durante 22 dias; recolheu uma amostra diária do material do forno 16 e mediu a densidade, obtendo-se os dados a seguir, expressos em g/cm<sup>3</sup>. Admitindo que a especificação seja de 116,40 a 116,70 g/cm<sup>3</sup>, analisar:

- a. Se o processo está estável.



- b. Se o processo é Capaz.



c. Qual a quantidade de PPM produzidas abaixo do LIE de 116,40g/cm<sup>3</sup>?

**136363,64**

d. Qual a quantidade de PPM produzidas acima do LSE de 116,70 g/cm<sup>3</sup> ?

**181818,18**

e. Qual a quantidade de PPM Total produzidas fora dos limites de especificações?

**318181,82**

Dia	25/nov	26/nov	29/nov	30/nov	01/dez	05/ dez	06/dez	07/dez	08/dez	09/dez	12/dez
Dens	116,50	116,80	116,40	116,70	116,60	116, ,75	116,6 0	116,8 0	116,3 5	116,6 0	116,65

Dia	13/dez	14/dez	15/dez	16/dez	19/dez	20/dez	21/dez	22/dez	23/dez	27/dez	28/dez
Dens	116,70	116,65	116,45	116,25	116,70	116,45	116,50	116,55	116,75	116,35	116,50

15 - Uma empresa produz televisores de dois tipos, tipo A (comum) e tipo B (luxo), e garante a restituição da quantia paga se qualquer televisor apresentar defeito grave no prazo de seis meses. O tempo para ocorrência de algum defeito grave nos televisores tem distribuição normal sendo que, no tipo A, com média de 10 meses e desvio padrão de 2 meses e no tipo B, com média de 11 meses e desvio padrão de 3 meses. Os televisores de tipo A e B são produzidos com lucro de 1200 u.m. e 2100 u.m. respectivamente e, caso haja restituição, com prejuízo de 2500 u.m. e 7000 u.m., respectivamente.

- (a) Calcule as probabilidades de haver restituição nos televisores do tipo A e do tipo B, ou seja, calcule PFE (Pontos fora da Especificação).

$P(\text{restituição de A}) = P(XA < 6) = P(Z < (6-10)/2) = P(Z < -2,0) = 1 - A(2) = 1 - 0,9772 = 0,0228$

$P(\text{restituição de B}) = P(XB < 6) = P(Z < (6-11)/3) = P(Z < -1,67) = 1 - A(1,67) = 1 - 0,9525 = 0,0475$  A probabilidade de haver restituição nos televisores do tipo A e do tipo B, respectivamente, são 2,28% e 4,75%.

- (b) Verifique se o processo é Capaz.

$$TVA \text{ Cpi} = (10-6)/6 = 0,66667$$

$$TVB \text{ Cpi} = (11-6)/9 = 0,55556$$

Não é capaz porque é menor o cpi são menores que 1.

- (c) Calcule o PPM ( $PPM = 1.000.000 \times PFE$ ).

TV A: 22.800

TV B: 47.500

- (d) Com base na Tabela abaixo, determine o nível sigma desse processo.

TV A: 3,4 sigmas

TV B: 3,1 sigmas

Tabela de Sigma						
dpmo	sigma	dpmo	sigma	dpmo	sigma	
-	6,0	1.866	4,4	115.083	2,7	
3	6,0	2.555	4,3	135.687	2,6	
5	5,9	3.467	4,2	158.687	2,5	
9	5,8	4.661	4,1	184.108	2,4	
13	5,7	6.210	4,0	211.928	2,3	
21	5,6	8.198	3,9	242.071	2,2	
32	5,5	10.724	3,8	274.412	2,1	
48	5,4	13.904	3,7	308.770	2,0	
72	5,3	17.865	3,6	344.915	1,9	
108	5,2	22.750	3,5	382.572	1,8	
159	5,1	28.717	3,4	421.428	1,7	
233	5,0	35.931	3,3	461.140	1,6	
337	4,9	44.567	3,2	501.350	1,5	
483	4,8	54.801	3,1	541.694	1,4	
687	4,7	66.811	3,0	581.815	1,3	
968	4,6	80.762	2,9	621.378	1,2	
1.350	4,5	96.809	2,8	660.083	1,1	

- 16 - A média dos diâmetros internos de uma amostra de 200 arruelas produzidas por uma certa máquina é 0,502 cm e o desvio-padrão é 0,0005. A finalidade para qual essas arruelas são fabricadas permite a tolerância máxima, para o diâmetro, de 0,496 a 0,508 cm. Se isso não se verificar, as arruelas serão consideradas defeituosas.

- a. Calcule o PFE (Pontos fora da Especificação) ou seja, a percentagem de arruelas defeituosas

produzidas pela máquina, admitindo-se que os diâmetros são distribuídos normalmente.

$$0,496 \text{ em unidades reduzidas} = (0,496 - 0,502) / 0,0005 = -1,2$$

$$0,508 \text{ em unidades reduzidas} = (0,508 - 0,502) / 0,0005 = 1,2$$

Proporção de arruelas não defeituosas = (área limitada pela curva normal entre  $z=-1,2$  e  $z=1,2$ ) = (2 vezes a área entre  $z=0$  e  $z=1,2$ ) =  $2 * (0,3849) = 0,7698$  ou 77%.

Assim, a porcentagem de arruelas defeituosas = 100% - 77% = 23%

- b. Verifique se o processo é Capaz. Calcule Cp e Cpk.

Média das amostras é igual a média do processo, então Cp = Cpk

$$Cp = Cpk = (0,508 - 0,496) / (0,0005 \times 6) = 4$$

- c. Quantas peças poderá ser produzida a cada um milhão de peças produzidas ( $PPM = 1.000.000 \times PFE$ ).

$$PPM = 230.000$$

- d. Com base na Tabela acima, determine o nível sigma desse processo.

$$\text{Nível sigma} = 2,2$$