

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?

$$\text{Média} = (52+68)/2=60$$

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

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?

$$C_{pi} = (97-95)/(3 \times 0,4) = 2/1,2 = 1,67$$

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

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

$$S_1 = 0,60$$

PROCESSO B

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

$$S_2 = 0,25$$

A indústria alimentícia produtora do cereal estabeleceu as especificações em 50 ± 3 kg. Calcule C_p e C_{pk} para os dois processos e interprete estes índices. Qual processo você prefere usar?

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

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

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

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

O processo escolhido é o A pois o C_p é maior que o C_{pk} 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?

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

$$PFE = P[Z \leq -2,5] + P[Z \geq 1,5] = P[Z \leq -2,5] + (1 - P[Z \leq 1,5]) = 0,062 + (1 - 0,9332) = 0,062 + 0,0668 = 0,1288 = 12,88\%$$

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

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

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?

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

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

O processo não é capaz.

6. Supondo que o fabricante de eixos cilíndricos, deseje 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.

$$cpk = \min \{ (LSE - X) / (LSC - X), (X - LIE) / (X - LIC) \} = \min \{ (1,1 / 0,4), (0,1 / 0,4) \} \\ \min \{ (2,75), (0,25) \} = 0,25$$

b. Veja se o processo é capaz.

O processos 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 ± 6 gramas. Calcular o Cpk deste processo e diga se o processo é capaz de atender as especificações da indústria de confecções.

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

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 +/- 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%

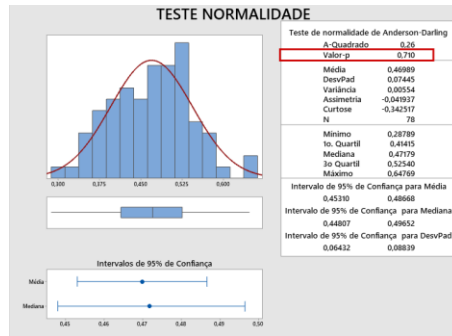
ID = 6

Tamanho da Amostra é 1

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

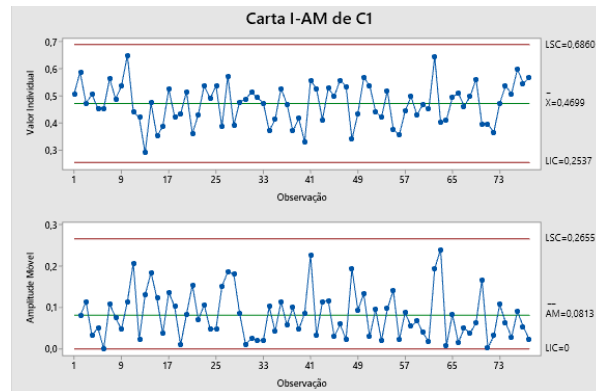
Premissas:

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



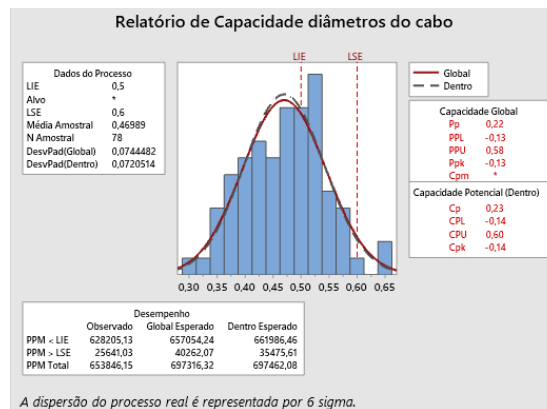
Valor-p maior que 0,05, então há distribuição normal.

- Processo estável:



Processos está estável pois não há causas especiais.

- Capacidade



$C_p=0,23$ e $c_{pk} = -0,14$

O processo não é capaz, e há uma perda 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:

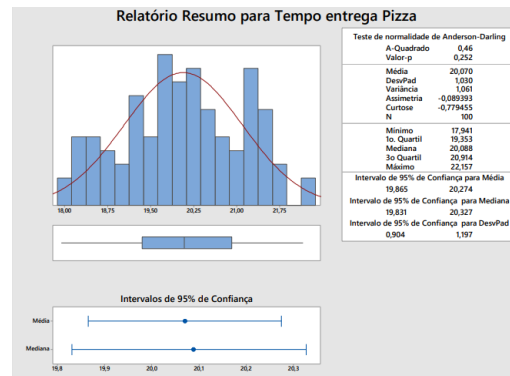
Marque a afirmativa CORRETA.

- 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	51	19,83542987
2	19,87223802	52	18,81978616
3	20,33407377	53	19,98456047
4	20,97092639	54	18,78749785
5	21,58807737	55	19,88135117
6	21,72984356	56	19,45693716
7	19,81599146	57	19,87762669
8	21,47797647	58	18,57768031
9	19,77425353	59	20,71662668
10	19,35071887	60	18,36660475
11	18,29023991	61	19,7244228
12	20,35449072	62	20,41837825
13	22,1502399	63	18,55150751
14	21,22038247	64	19,09280855
15	20,31922042	65	20,32459137
16	19,36551102	66	19,13187712
17	20,68013349	67	21,27784086
18	19,52856083	68	20,92722118
19	18,47302264	69	18,34127735
20	20,15187057	70	21,68675892
21	20,0926107	71	19,60138025
22	18,57153419	72	21,20551033
23	21,06288716	73	19,8542461
24	19,72302976	74	18,93846408
25	19,14378071	75	18,23394475
26	21,58300029	76	21,65017533
27	20,73960513	77	18,5116637
28	18,71290668	78	19,37708526
29	20,05451775	79	20,47743825
30	19,67664486	80	19,21726165
31	21,17426479	81	22,15654806
32	21,6110583	82	20,40795192
33	19,96597555	83	19,17712744
34	20,71288121	84	21,25747412
35	18,06897509	85	20,5940657
36	18,84933696	86	19,0302079
37	18,26215576	87	21,16595401
38	21,43629336	88	20,24953849
39	20,10711628	89	20,21202001
40	19,26894221	90	20,38175582
41	20,26183892	91	20,83985835
42	19,93245256	92	19,60497064
43	20,3842722	93	21,19144544
44	20,31623055	94	21,19019247
45	20,23969053	95	20,47399309
46	20,08394368	96	19,79799536
47	19,81878484	97	19,35902912
48	17,94137693	98	21,45865351
49	21,15402711	99	19,63864613
	21,22720087	100	21,45061703
50			

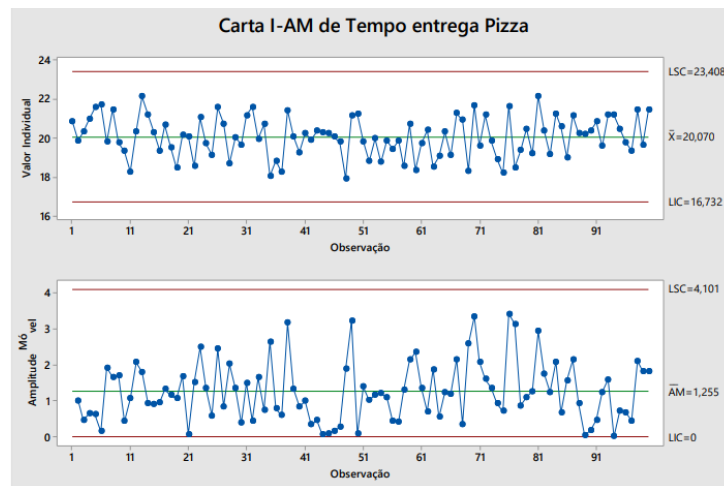
Premissas:

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



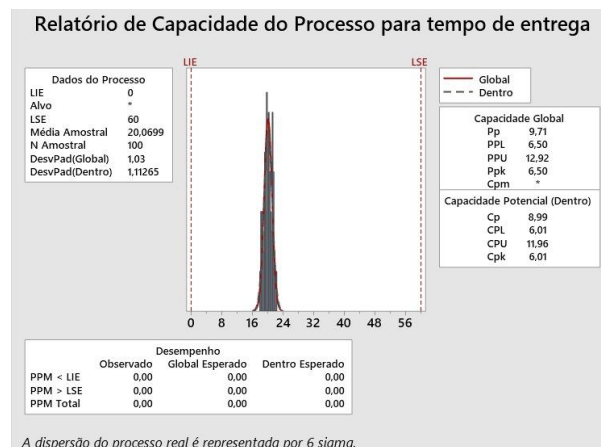
Valor-p maior que 0,05, então há distribuição normal.

- Processo estável:



Processos está estável pois não há causas especiais.

- Capacidade



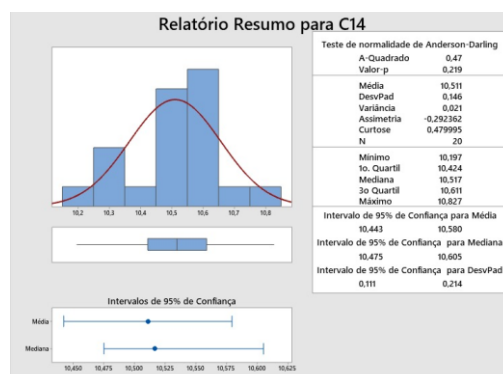
O valor de $C_p = 8,99$, EXCELENTE é maior que 1,33 e $C_{pk} = 6,01$ esta EXCELENTE, pois o valor é maior que 1,33, e esta pouco deslocado para a esquerda. NÃO produzirá itens Defeituosos.

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

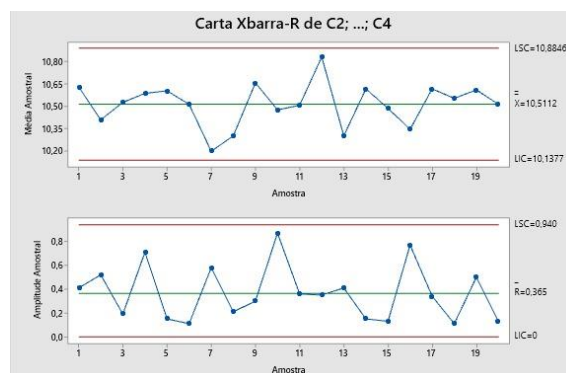
Premissas:

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



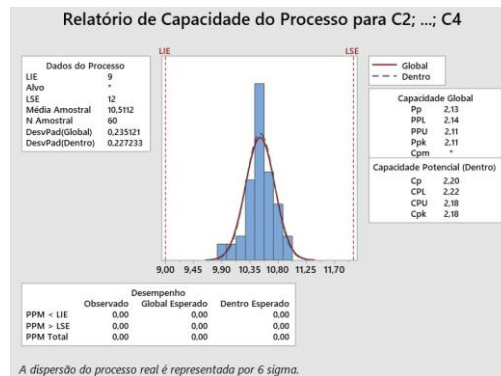
Valor-p maior que 0,05, então há distribuição normal.

- Processo estável:



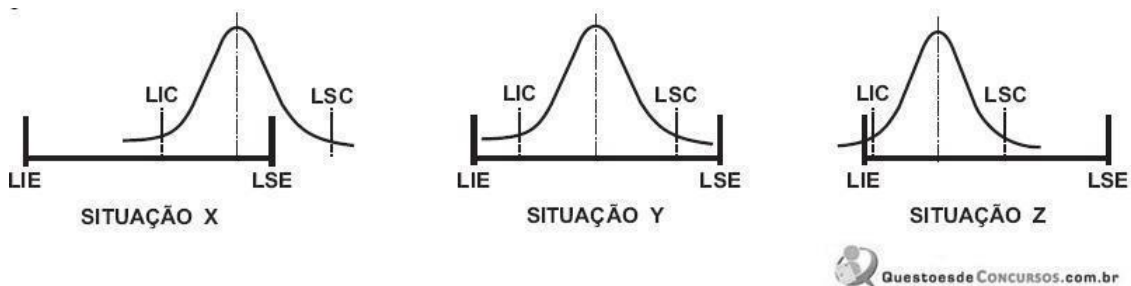
Processos está estável pois não há causas especiais.

- 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 capacidade 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.

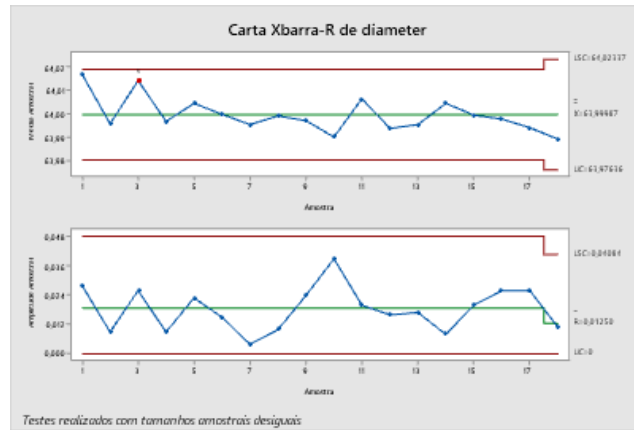
- I - X apresenta C_{pk} menor que 1 e o processo não é capaz de atender às especificações.
- II - Y apresenta C_{pk} menor que 1 e o processo é capaz de atender às especificações.
- III - Z apresenta C_{pk} maior que 1 e o processo é capaz de atender às especificações.
- IV - Y apresenta C_{pk} menor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

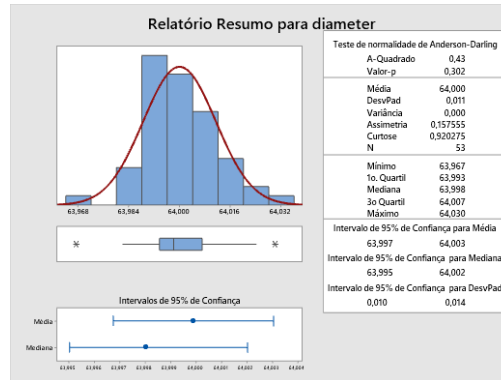
12 - O diâmetro dos pinos de fusíveis, usados em uma aplicação de um motor de avião, é uma característica importante da qualidade. Vinte e cinco amostras, de três pinos cada uma, são mostradas a seguir (em mm):

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



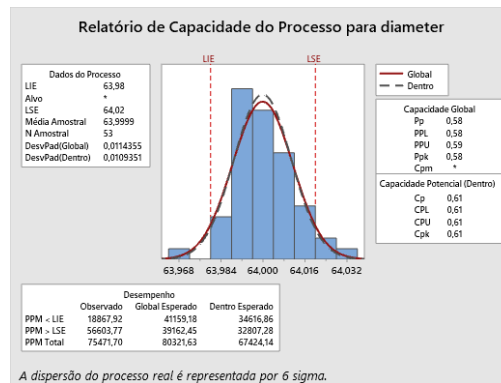
Não há pontos fora de controle

- 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.

$DPMO = DPO \times 10^6$			
Exercícios	<i>DPO</i>	<i>DPMO</i>	Escala Sigma
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

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

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

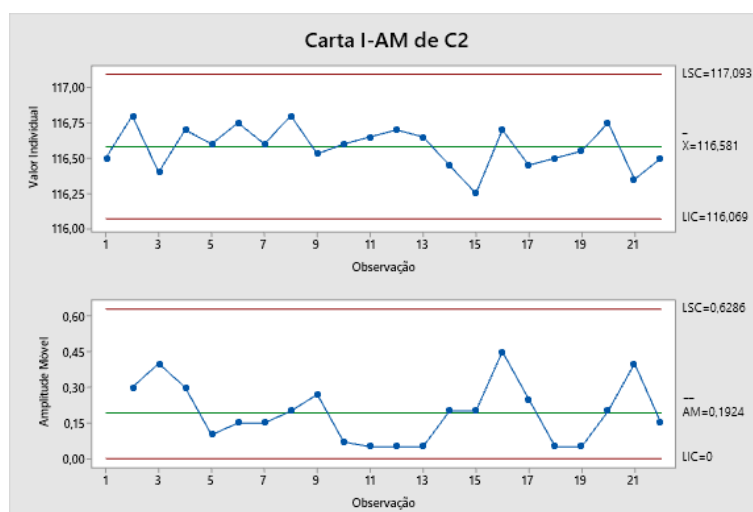
4,1 Sigma

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

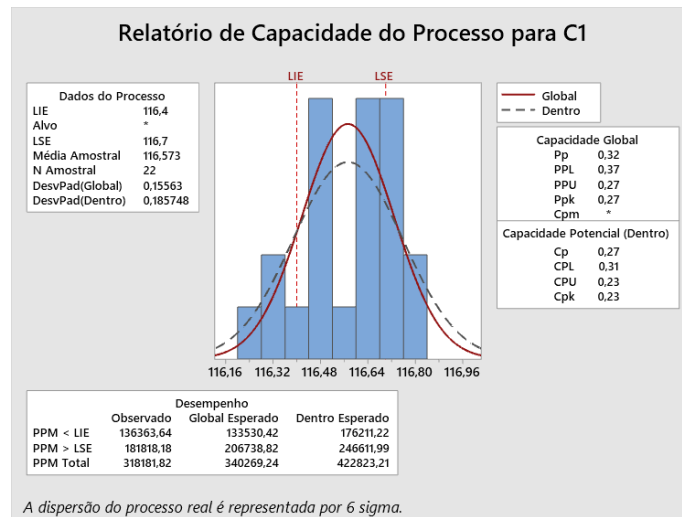
2,9 Sigma

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/cm³. Admitindo que a especificação seja de 116,40 a 116,70 g/cm³, 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/cm³?

136363,64

d. Qual a quantidade de PPM produzidas acima do LSE de 116,70 g/cm³ ?

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	116,60	116,80	116,35	116,60	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).

$P(\text{restituição de A}) = P(X_A < 6) = P(Z < (6-10)/2) = P(Z < -2,0) = 1 - A(2) = 1 - 0,9772 = 0,0228$
 $P(\text{restituição de B}) = P(X_B < 6) = P(Z < (6-11)/3) = P(Z < -1,67) = 1 - A(1,67) = 1 - 0,9525 = 0,0475$
 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.

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

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

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 C_p e C_{pk} .

Média das amostras é igual a média do processo, então $C_p = C_{pk}$

$$C_p = C_{pk} = (0,508 - 0,496) / (0,0005 \times 6) = 4$$

- 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.

$$\text{Nível sigma} = 2,2$$