

CEP

Prof. Diego

## Carta de Controle para Atributos

- Os atributos são características que são comparadas com um certo padrão (especificações) e por isso podem assumir apenas valores discretos (classificação como conforme ou não-conforme, ou uma certa contagem de defeitos), por exemplo:
  - a) existência de manchas ou risco,
  - b) presença de uma etiqueta,
  - c) continuidade de uma costura,
  - d) número de acidentes/hora,
  - e) número de clientes reclamantes,
  - f) número de reclamações/cliente.

## Carta de Controle para Atributos

Em geral os atributos não requerem muita especialização para a coleta dos dados.

O monitoramento usando atributos pode ser uma etapa intermediária, anterior a monitoração de variáveis.

## Carta de Controle para Atributos

Os atributos podem ser divididos em:

- (i) percentual de não-conformes:  
se referem a contagem do n° de produtos/peças defeituosas (número de não conformes) e segue a distribuição Binomial.
- (ii) taxa de não conformidades:  
se referem a contagem do n° de defeitos por produto/peça (número de não conformidades) e segue a distribuição de Poisson.

## Carta de Controle para Atributos

Existem quatro tipos de carta de atributos:

- a) carta p para fração de não-conformes (as amostras podem ser de tamanhos diferentes);
- b) carta np para número de unidades não-conformes (as amostras devem ter o mesmo tamanho);
- c) carta c para número de não-conformidades (as amostras devem ser do mesmo tamanho);
- d) carta u para número de não-conformidades por unidade (as amostras podem ser de tamanhos diferentes).

## Carta de Controle para Atributos

### Carta p para fração de não-conformes (as amostras podem ser de tamanhos diferentes)

A carta p mede a fração de produtos defeituosos ou produtos não-conformes em uma amostra.

Cartas de atributo exigem subgrupos de tamanho considerável (em geral, 50 a 200 unidades ou mais) para serem eficientes na detecção de alterações no processo.

Alguns estatísticos recomendam  $np > 5$  para que seja possível uma análise eficiente de padrões. O tamanho dos grupos (n) pode ser variável, mas é mais prático trabalhar com subgrupos de tamanho constante.

A frequência de amostragem deve fazer sentido em termos de períodos de produção. Por exemplo, 1 amostra a cada lote, ou 1 amostra por turno, ou 1 amostra a cada troca de setup, etc.

**Carta p para fração de não-conformes**  
**(as amostras podem ser de tamanhos diferentes)**

**1. Cálculo dos limites de controle :**

Para cada subgrupo, anota-se os valores:

n = número de itens inspecionados

d = número de itens defeituosos (não-conformes)

E então calcula-se:

A fração de não-conformes:  $p = d / n$

Logo, A fração média de não-conformes é calculada da seguinte forma:

$$\bar{p} = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k}$$

onde  $d_i$  é o número de não-conformes no subgrupo  $i$ ,  $n_i$  é o tamanho da amostra do subgrupo  $i$  e  $k$  é o número de subgrupos.

$$\sigma_{p_i} = \sqrt{\bar{p}(1 - \bar{p})} / \sqrt{n_i}$$

Esses cálculos devem ser feitos com um número grande de subgrupos, por exemplo,  $k > 25$ , e em uma situação de processo sob controle.

**Carta p para fração de não-conformes**  
**(as amostras podem ser de tamanhos diferentes)**

$$LCS = \bar{p} + 3\sigma_{p_i}$$

Então, Os limites de controle são calculados da seguinte forma:

$$LCI = \bar{p} - 3\sigma_{p_i}$$

Se o limite inferior resultar negativo, então ele deve ser fixado em zero.

Se o tamanho dos subgrupos for variável, o desvio-padrão é variável e por consequência, os limites de controle também, gerando uma carta com limites de controle de forma dentada.

Se a diferença nos tamanhos de amostras for pequena (< 25%), pode-se usar a média dos tamanhos de amostras. Dessa forma, o desvio-padrão será calculado usando-se:

$$\sigma_p = \sqrt{\bar{p}(1 - \bar{p})} / \sqrt{\bar{n}}$$

## Carta p para fração de não-conformes (as amostras podem ser de tamanhos diferentes)

### Interpretação da estabilidade do processo

A presença de um ou mais pontos fora dos limites de controle é uma evidência de instabilidade do processo.

Se o processo está em controle estatístico, a probabilidade de um ponto fora dos limites de controle é muito pequena, de forma que, caso isso aconteça, deve-se assumir a presença de causas especiais.

Um ponto acima do limite de controle superior (LCS) indica que o processo piorou. Um ponto abaixo do limite de controle inferior (LCI) indica uma melhora no processo. Ambos devem ser investigados, pois são causas não naturais ao processo.

Vale ressaltar que antes de disparar a investigação, deve-se verificar se o ponto não foi mal plotado ou se não há um problema no sistema de medição.

## Carta p para fração de não-conformes (as amostras podem ser de tamanhos diferentes)

### Interpretação da estabilidade do processo

Mesmo com todos os pontos dentro dos limites de controle, podem haver evidências de que o processo sofreu alteração. As seguintes constatações indicam alterações no processo (válidas para  $np > 9$ ):

- a) sete pontos em sequência acima (ou abaixo) da linha central;
- b) sete pontos em sequência ascendente (ou descendente).

**As corridas ascendentes ou corridas acima da média indicam que o desempenho do processo piorou.**

**As corridas descendentes ou corridas abaixo da média indicam que o processo melhorou.**

- No caso de pontos acima do limite de controle superior, a causa deve ser corrigida e as ações devem ser tais que impeçam a sua recorrência.
- No caso de pontos abaixo do limite inferior, as causas devem ser padronizadas, pois representam uma melhora no processo.
- Para o estudo das causas especiais, a análise de Pareto e diagramas de causa e efeito são recomendados.

### Carta p para fração de não-conformes (as amostras podem ser de tamanhos diferentes)

#### **Interpretação da Capacidade do processo**

Após a identificação e eliminação das causas especiais, o processo pode ser avaliado em relação a sua capacidade.

No caso de atributos, a capacidade é em geral expressa como o percentual (%) de produtos conformes que o processo produz, ou seja:  $\text{Capacidade} = (1 - \bar{p}) \times 100$

Assim, se um processo tem  $\bar{p} = 0,031$ , sua capacidade será:

Capacidade =  $(1 - 0,031) \times 100 = 96,9\%$

Essa capacidade deve ser comparada com as expectativas e metas gerenciais. Caso ela não seja satisfatória, a gerência deve agir sobre o sistema (causas comuns).

### Carta p para fração de não-conformes (as amostras podem ser de tamanhos diferentes)

#### **Interpretação da Capacidade do processo**

Alternativamente, o percentual de não conformes pode ser comparado com as expectativas e metas gerenciais, gerando um índice de capacidade  $C_p$ , dado por:

$$C_p = \frac{p_{meta}}{\bar{p}}$$

Caso  $C_p < 1$ , a gerência deve agir sobre o sistema.

A ação sobre as causas comuns é mais difícil e, em geral, irá envolver o estudo de variáveis, e o uso de técnicas estatísticas como projeto de experimentos ou análise multivariada.

**Carta p para fração de não-conformes**  
**(as amostras podem ser de tamanhos diferentes)**

**Exercício 1.**

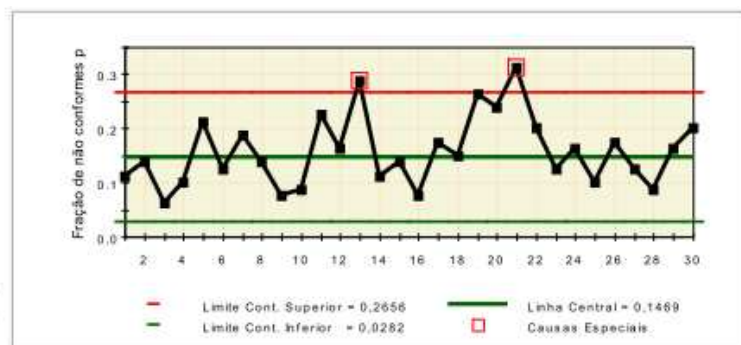
Os dados da Tabela representam o número de eixos defeituosos de um certo modelo de motor. As medições foram feitas a partir de lotes de 80 unidades.

Lote	n	di	pi	Lote	n	di	pi
1	80	9	0.113	16	80	6	0.075
2	80	11	0.138	17	80	14	0.175
3	80	5	0.063	18	80	12	0.150
4	80	8	0.100	19	80	21	0.263
5	80	17	0.213	20	80	19	0.238
6	80	10	0.125	21	80	25	0.313
7	80	15	0.188	22	80	16	0.200
8	80	11	0.138	23	80	10	0.125
9	80	6	0.075	24	80	13	0.163
10	80	7	0.088	25	80	8	0.100
11	80	18	0.225	26	80	14	0.175
12	80	13	0.163	27	80	10	0.125
13	80	23	0.288	28	80	7	0.088
14	80	9	0.113	29	80	13	0.163
15	80	11	0.138	30	80	16	0.200

**Carta p para fração de não-conformes**  
**(as amostras podem ser de tamanhos diferentes)**

- Inicialmente, calcula-se p:  $\bar{p} = \sum d_i / \sum n_i$
- Depois, calcula-se :  $\sigma_p = \sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})} / \sqrt{n_i}$
- E os limites de controle:  $LCS = \bar{p} + 3\sigma_p =$   
 $LCL = \bar{p} - 3\sigma_p =$

## Plotar o gráfico de p:



## Carta p para fração de não-conformes (as amostras podem ser de tamanhos diferentes)

### • Exercício 2

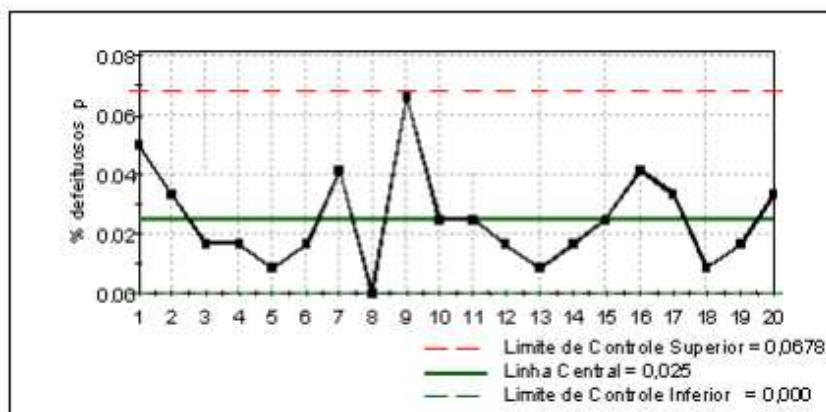
Os dados a seguir representam o número de não conformes observados após um processo de montagem (amostras com  $n = 120$ ). Construa uma carta p (fração de não conformes) para estes dados. Caso algum ponto caia fora dos limites, considere que isso se deve a presença de causas especiais e revise os limites de controle. Considerando que a expectativa gerencial é de  $p = 3\%$ , conclua a respeito da capacidade do processo.

amostra	d (np)	Tamanho da amostra
1	6	120
2	4	120
3	2	120
4	2	120
5	1	120
6	2	120
7	5	120
8	0	120
9	8	120
10	3	120
11	3	120
12	2	120
13	1	120
14	2	120
15	3	120
16	5	120
17	4	120
18	1	120
19	2	120
20	4	120



- Inicialmente, calcula-se  $\bar{p} = \sum d_i / \sum n_i$
- Depois, calcula-se :  $\sigma_p = \sqrt{\bar{p}(1-\bar{p}) / \sqrt{n_i}}$
- E os limites de controle:  $LCS = \bar{p} + 3\sigma_p =$   
 $LCI = \bar{p} - 3\sigma_p =$

Plotar o gráfico de p:



**Carta p para fração de não-conformes**  
**(as amostras podem ser de tamanhos diferentes)**

• **Exercício 3**

Os dados a seguir se referem ao número de sapatos defeituosos, observados em diversas amostras. A gerência admite no máximo 5% de sapato defeituosos.

- a) Analise os dados e conclua a respeito da estabilidade e da capacidade do processo

Amostra	N	d	Amostra	N	d
1	100	5	16	80	3
2	100	3	17	80	9
3	80	2	18	100	3
4	80	4	19	100	3
5	110	1	20	100	5
6	110	5	21	100	2
7	110	3	22	100	6
8	110	7	23	120	2
9	100	5	24	120	3
10	100	6	25	120	2
11	100	3	26	100	2
12	120	2	27	100	4
13	80	4	28	120	3
14	80	2	29	120	6
15	80	5	30	80	2

## Carta de Controle para Atributos

**Carta np para número de unidades não conformes**  
**(as amostras devem ter o mesmo tamanho)**

A carta np segue a mesma lógica da carta p, mas agora, ao invés da fração de não-conformes, monitora-se o número de não-conformes.

A carta np é mais apropriada quando:

- a) o número de não-conformes tem um maior significado e  
 b) o tamanho dos subgrupos é sempre o mesmo (constante).

Como o monitoramento é realizado utilizando-se número de defeituosos, deve-se especificar o tamanho da amostra constante, ou seja, número de unidades a serem inspecionadas a cada amostra. Então, anota-se o número de não-conformes verificado em cada amostra.

## Carta np para número de unidades não conformes

### Cálculo dos limites de controle

Inicialmente calcula-se o número médio de não conformes e o desvio-padrão:

$$\bar{np} = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_k}{k}$$

$$\sigma_{np} = \sqrt{\bar{np}(1 - \bar{p})}$$

Onde:

$d_i$  é o número de não conformes no subgrupo  $i$ ;

$k$  é o número de subgrupos.

Os limites de controle para o número de não conformes são calculados pelas seguintes equações e depois monta-se a carta:

$$LCS = \bar{np} + 3\sigma_{np}$$

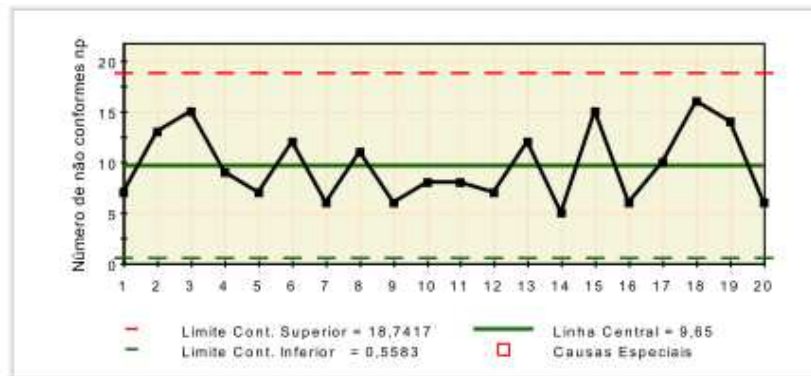
$$LCI = \bar{np} - 3\sigma_{np}$$

### Exercício 1:

Os dados da Tabela 25 representam o número peças defeituosas observadas em lotes de 200 unidades de um certo modelo de peça plástica injetada. Construa a carta de controle e analise o processo.

lote	d	lote	d
1	7	11	8
2	13	12	7
3	15	13	12
4	9	14	5
5	7	15	15
6	12	16	6
7	6	17	10
8	11	18	16
9	6	19	14
10	8	20	6

## Resposta do exercício 1: Carta np



### Exercício 2:

- Usando os mesmos dados do exercício 1, faça a carta p e compara as duas cartas.

- **Exercício 3**

Os dados a seguir representam o número de carrocerias defeituosas em amostras de tamanho 20. Baseado nesses dados responda:

Se uma carta  $\bar{np}$  fosse estabelecida, o que você indicaria como linha central e limites de controle ?

Se a gerência admite no máximo 4 carrocerias defeituosas por amostra, o que você concluiria a respeito da capacidade do processo ?

Dia	Defeituosos	Dia	Defeituosos	Dia	Defeituosos	Dia	Defeituosos
1	3	5	12	9	6	13	5
2	4	6	7	10	3	14	3
3	9	7	4	11	7	15	4
4	6	8	3	12	4	16	7