



# CONTROLE DE QUALIDADE

Cartilha de orientação para vitivinicultores e gestores de produção

**i** Esta cartilha utiliza os princípios da linguagem simples



# EQUIPE

## CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO

- Prof. Dr. João Carlos Félix Souza (coordenador)
- Profa. Dra. Carolina de Moraes Souza
- Graduando Matheus de Sousa Pereira
- Graduando Lucas Pimentel
- Graduando Eduardo Carmona

Coordenadora Geral do Projeto: Prof. Dra. Márcia Longen Zindel

[Voltar ao Sumário](#)



# SUMÁRIO

Dica: use links para ir de uma página a outra em sua leitura. Basta clicar no título que deseja acessar. Sempre que quiser retorne ao sumário, clicando em “voltar ao sumário”.

- [Mensagem do coordenador](#)
- [Objetivos](#)
- [Conceitos-chave: gestão da qualidade](#)
- [Conceitos-chave: CEP](#)
- [Saiba mais: estatística por trás das cartas](#)
- [Cartas para variáveis](#)
- [Cartas para atributos](#)
- [Interpretação das cartas](#)
- [Fatores para Construção de Gráficos](#)
- [Fases do Processo de implementação das cartas de controle](#)
- [Próximos passos](#)

# MENSAGEM DOS COORDENADORES



Esperamos que essa cartilha ajude você, produtor ou colaborador, a melhorar o controle de qualidade da sua produção de vinhos, desde o plantio até a rotulagem. A ideia é que, por meio da matemática e da metodologia quantitativa, você possa ter mais conhecimento sobre as possíveis falhas na produção para evitá-las ou resolvê-las. Não se esqueça que esse instrumento é um apoio para garantia das boas práticas, mas que necessita da sua experiência, habilidade e conhecimento sobre vinhos para se concretizar.

Desejamos uma boa leitura, aprendizado e agradecemos a sua participação nesse projeto!

Obrigada!

Profa. Dra. Márcia Longen Zindel

Prof. Dr. João Carlos Félix Souza

[Voltar ao Sumário](#)

De início, esta cartilha pode parecer um pouco complicada. Mas não se preocupe! Ainda que não entenda 100% dos cálculos, o mais importante é você compreender bem os conceitos, técnicas e interpretações dos métodos. Qualquer dúvida, tente reler o material.

No momento em que sua vinícola for aplicar esses métodos, haverá várias ferramentas criadas pela nossa equipe que você poderá aplicar para melhorar a qualidade do seu processo produtivo!

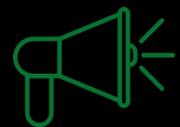
# OBJETIVOS



Orientar o monitoramento e avaliação das etapas de produção dos vinhos



Ajudar na identificação de problemas e erros no processo de produção dos vinhos



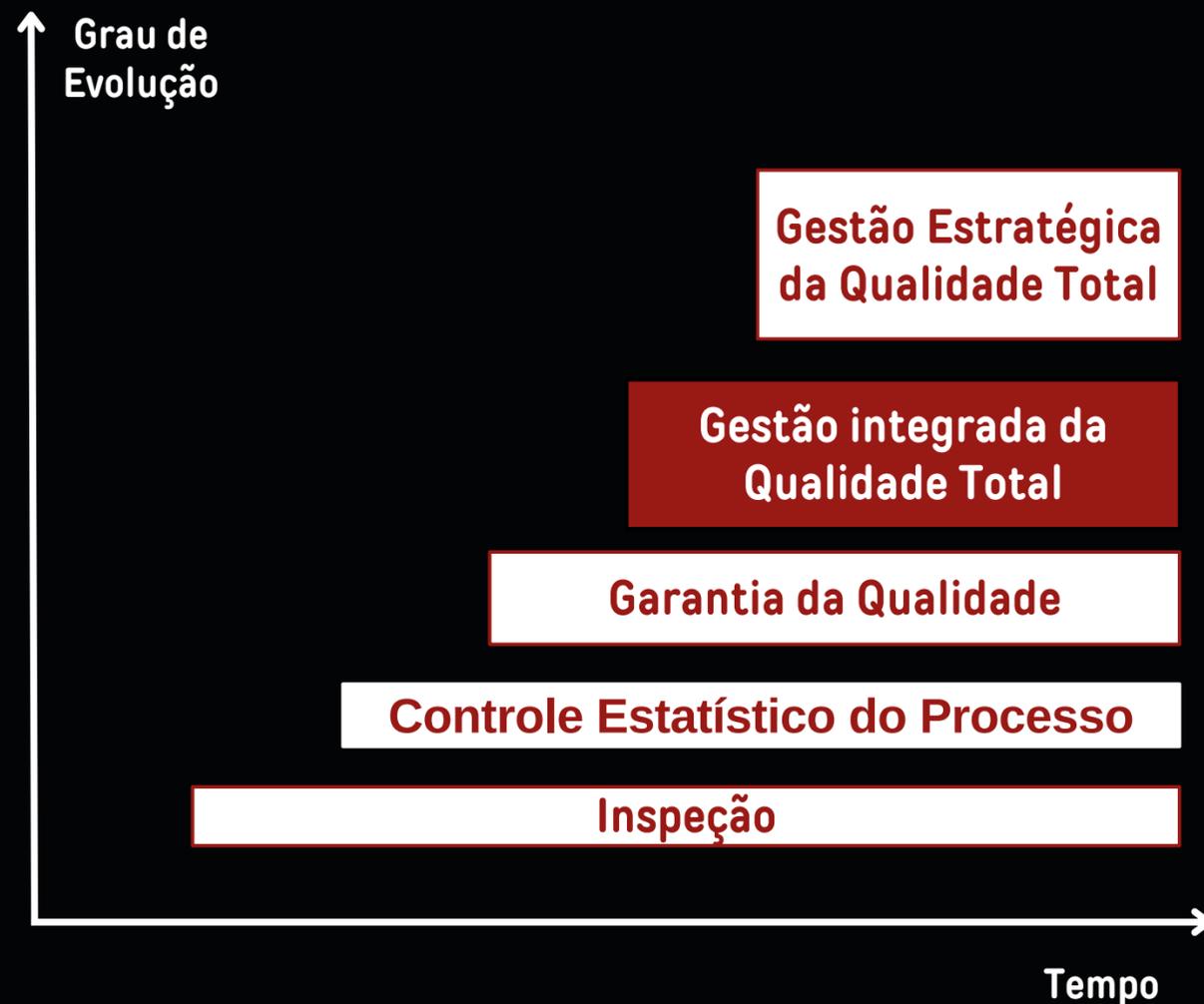
Facilitar o reconhecimento de oportunidades de melhoria, contribuindo para a otimização da produção e satisfação do cliente

[Voltar ao Sumário](#)



# CONCEITOS CHAVE

## GESTÃO DA QUALIDADE



A gestão da qualidade é um conjunto de práticas e processos organizacionais destinados a garantir que os produtos ou serviços atendam ou excedam as expectativas e requisitos dos clientes. Ela envolve a definição de padrões de qualidade, a implementação de sistemas de controle para garantir a conformidade com esses padrões e a busca contínua por melhorias nos processos e produtos.

Ao adotar o Controle Estatístico de Processo, as organizações desenvolvem uma cultura de atenção aos detalhes e comprometimento com a qualidade em todos os níveis da empresa. Isso, por sua vez, proporciona uma base sólida para a implementação da Gestão da Qualidade Total, que se concentra na qualidade como uma responsabilidade de todos os membros da organização, desde a liderança até a linha de frente. Apenas através de uma cultura da qualidade, é possível conseguir certificações, como a ISO da qualidade.

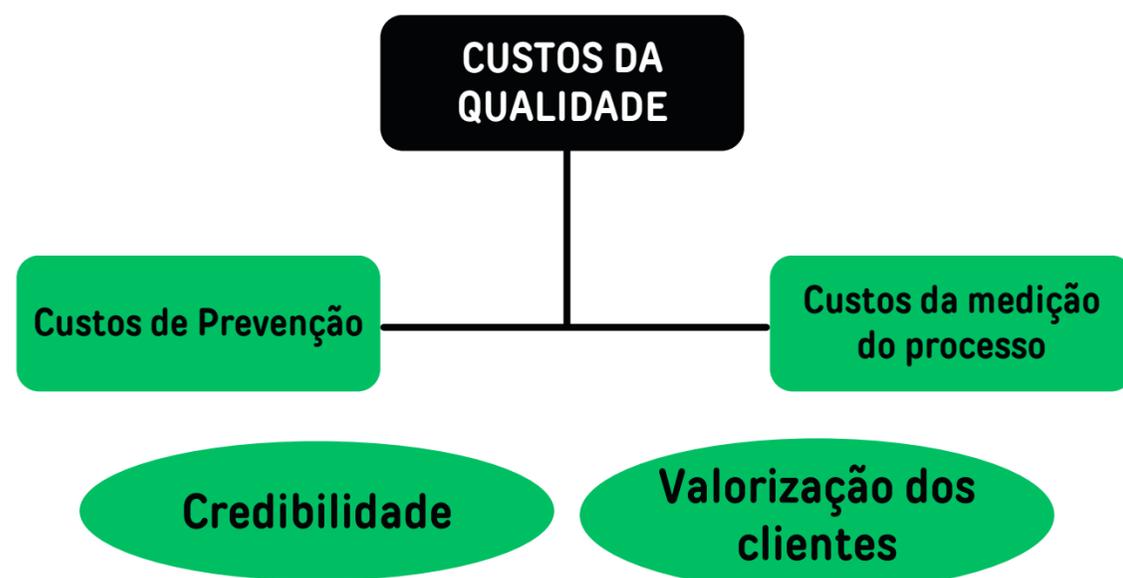
[Voltar ao Sumário](#)

# POR QUE MELHORAR A QUALIDADE?



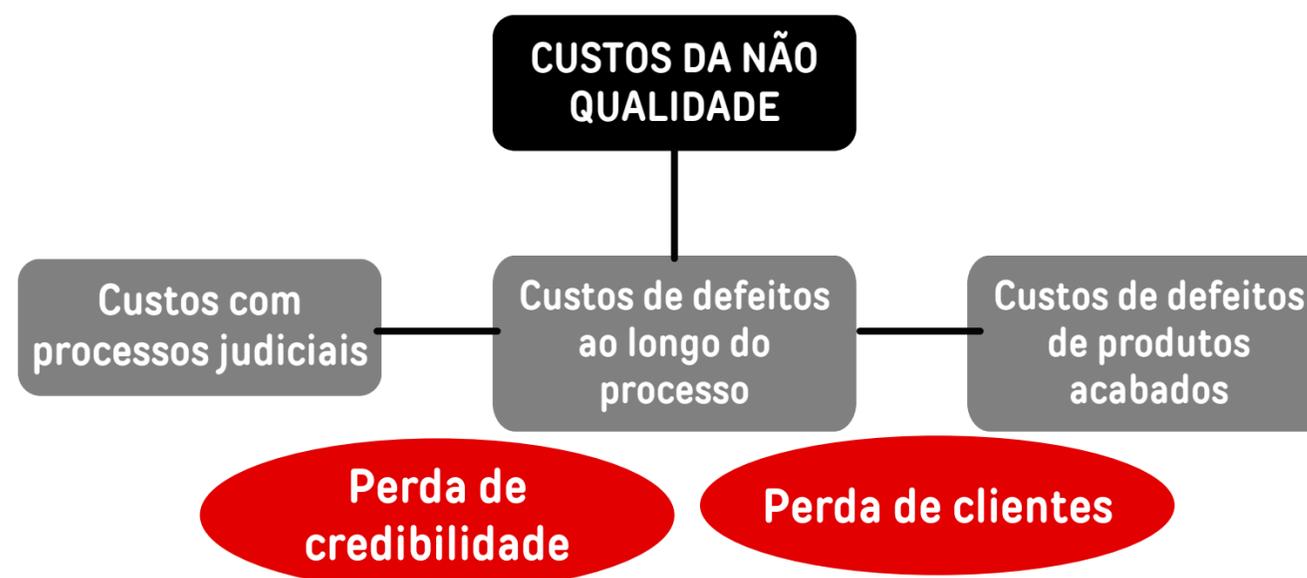
## CUSTOS DA QUALIDADE

Ao implementar práticas de prevenção, como treinamento de funcionários, melhoria de processos e uso de tecnologias de monitoramento, as empresas podem evitar a ocorrência de defeitos e problemas de qualidade desde o início do processo



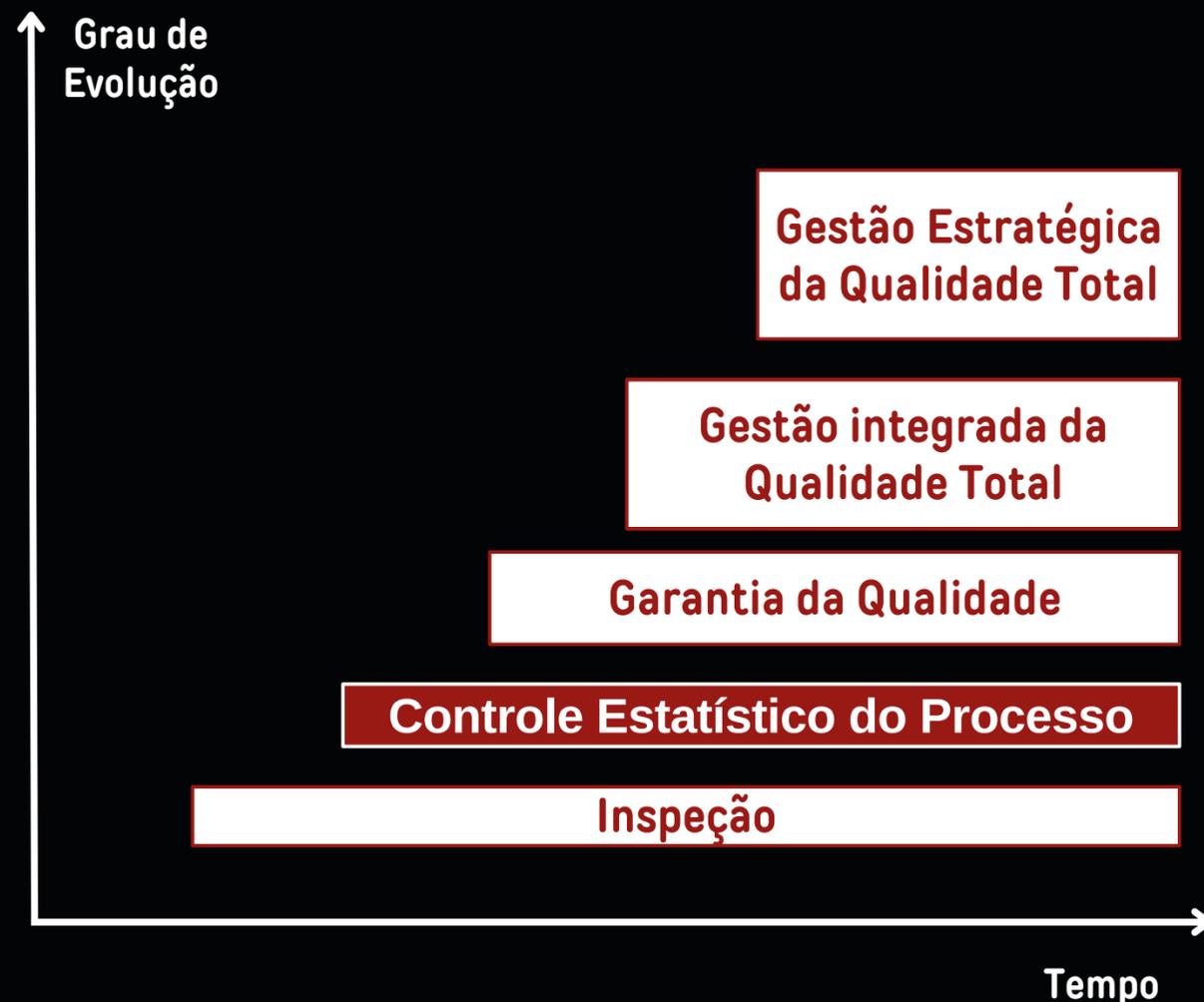
## CUSTOS DA NÃO QUALIDADE

Defeitos ao longo do processo, retrabalho e correções consomem recursos valiosos, aumentam os custos de produção e afetam a lucratividade. Assim, embora o investimento inicial na qualidade possa parecer um custo adicional, os custos da não qualidade são muito mais onerosos e podem ter consequências devastadoras para a empresa.



# CONCEITOS CHAVE

## CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO



O Controle Estatístico de Processo (CEP) é uma ferramenta poderosa para resolver problemas, sendo essencial para alcançar a estabilidade do processo e aprimorar a capacidade ao reduzir a variabilidade. Ele se fundamenta em princípios robustos e de simples utilização, possui impacto significativo e é adaptável a uma ampla variedade de processos.

para que o CEP dê resultados, é necessário que todos os membros de uma organização estejam comprometidos com a melhoria contínua da qualidade e da produtividade, principalmente os líderes e gestores do processo.

A seguir, você vai conhecer mais sobre as SETE FERRAMENTAS DA QUALIDADE, que funcionam como instrumentos para avaliar o processo produtivo.

[Voltar ao Sumário](#)

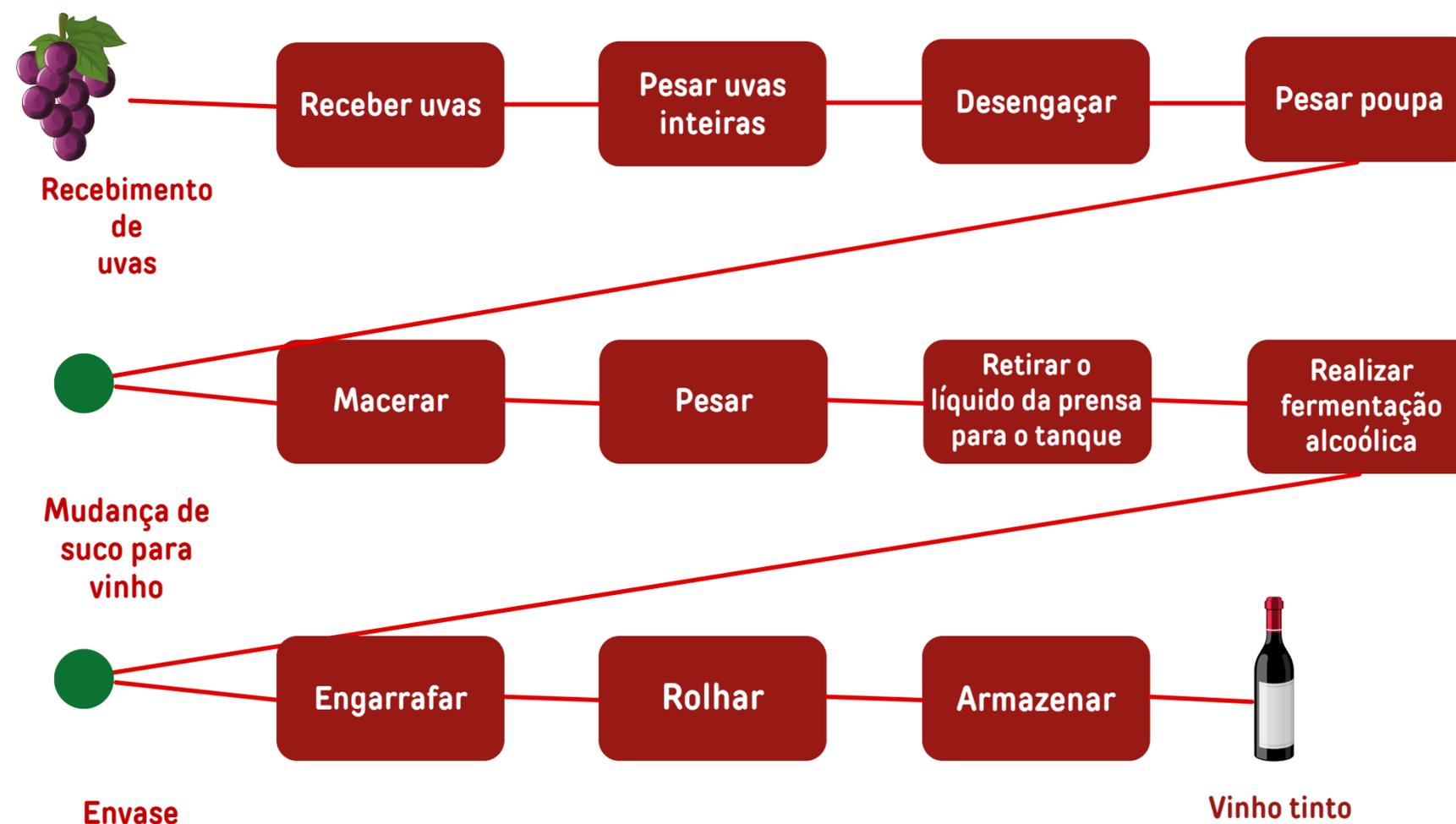
# SETE FERRAMENTAS DA QUALIDADE

## FLUXOGRAMA

O fluxograma do processo é uma representação que da sequência de etapas ou atividades de um processo, bem como as interações entre elas. Ele fornece uma visão geral clara do processo, desde o início até o fim, permitindo identificar áreas de melhoria, gargalos e pontos de controle.

Ao lado, mapeamos processo de produção de vinhos. Apesar desse fluxo ser robusto, cada vinícola terá suas especificidades dentro desse processo. Cabe às características de cada uma, identificar quais as diferenças e semelhanças com o processo listado.

## PROCESSO DE PRODUÇÃO DO VINHO TINTO



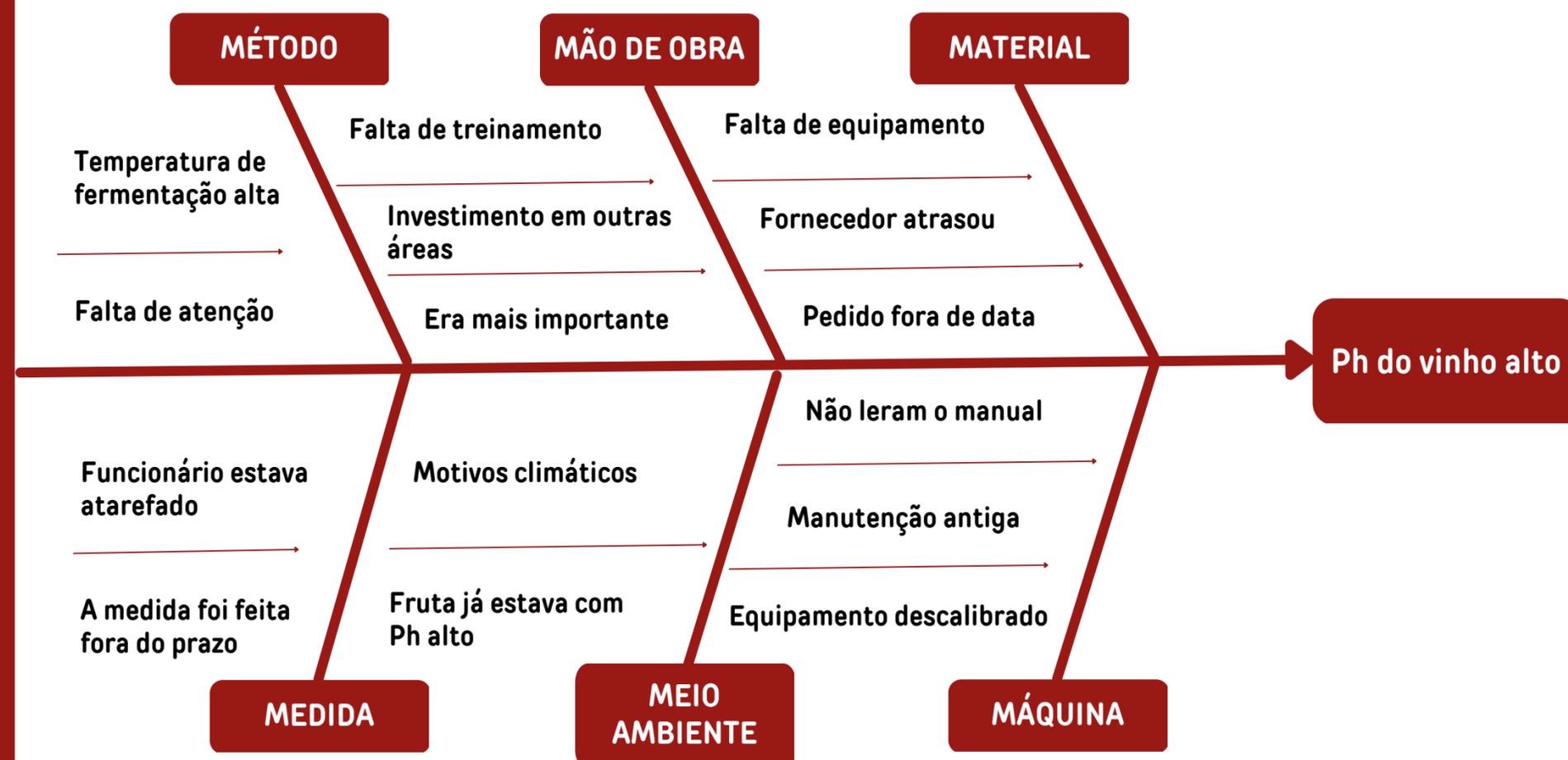
# SETE FERRAMENTAS DA QUALIDADE

## DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO

O diagrama de causa e efeito (espinha de peixe) é uma ferramenta utilizada para identificar e visualizar as possíveis causas de um problema específico. Ele ajuda a equipe a explorar de forma sistemática todas as áreas que podem contribuir para as falhas na produção.

O diagrama organiza as causas em categorias principais, como Método, Mão de Obra, Máquina, Material, Meio Ambiente e Medição, facilitando a identificação das fontes de variação. Ao lado, um exemplo de como ele pode ser utilizado para identificar a causa de um problema na produção de vinhos: Ph do vinho acima do esperado.

## DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO PH DO VINHO



# SETE FERRAMENTAS DA QUALIDADE

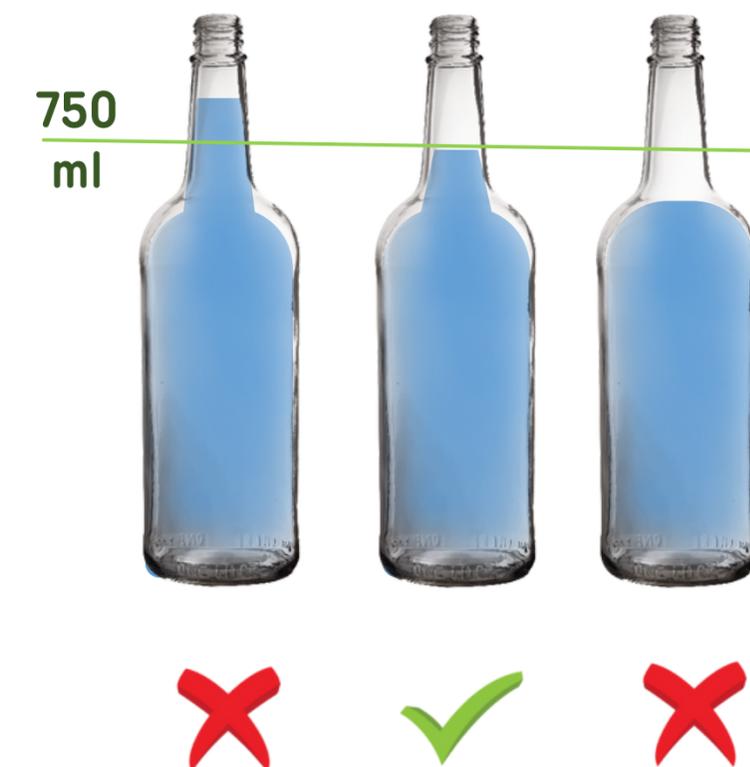
## FOLHA DE VERIFICAÇÃO

A folha de verificação é outra das sete ferramentas da qualidade, sendo uma forma organizada de coletar e registrar dados de forma sistemática durante um processo. Geralmente, é um documento pré-formatado que contém categorias específicas de informações relevantes para o processo em questão.

No caso da produção de vinhos, podem ser colhidos, por exemplo, os volumes ocupados nas garrafas de vinho, que normalmente precisam ser de 700 ml. Assim, são colhidas amostras em datas e horários planejados para essa coleta. Isso pode valer para qualquer outra etapa do processo de produção.

## FOLHA DE VERIFICAÇÃO VOLUME DAS GARRAFAS

FOLHA DE VERIFICAÇÃO – VOLUME DAS GARRAFAS (ml)							
Nome do verificador:		NOME					
DATA	NÚMERO DA AMOSTRA	1	2	3	4	5	ANOTAÇÕES
02/11/2023	1	743,45	747,87	746,58	759,23	755,80	
02/11/2023	2	743,94	749,76	753,32	750,69	752,16	
02/11/2023	3	744,82	749,41	744,96	744,14	753,64	
02/11/2023	4	748,97	750,98	751,21	740,77	754,60	
02/11/2023	5	758,00	746,59	748,45	745,57	752,80	
02/11/2023	6	749,72	750,17	749,47	750,06	749,80	
03/11/2023	7	750,76	750,27	750,47	750,04	750,16	
03/11/2023	8	750,65	749,78	749,02	749,68	749,82	
03/11/2023	9	750,46	749,62	749,21	750,23	749,62	
03/11/2023	10	734,17	747,08	759,52	746,52	752,50	
03/11/2023	11	738,35	767,05	758,76	751,61	763,98	
04/11/2023	12	752,18	754,40	744,29	738,86	774,04	
04/11/2023	13	720,64	748,16	739,94	755,09	722,10	
04/11/2023	14	751,03	802,39	776,76	735,50	812,13	
04/11/2023	15	723,24	755,64	743,97	746,27	758,54	
04/11/2023	16	700,56	765,01	760,19	791,14	741,38	
05/11/2023	17	721,38	757,88	743,22	766,94	751,72	
05/11/2023	18	748,46	756,40	759,30	755,64	752,88	
05/11/2023	19	748,26	753,69	753,72	752,74	750,93	
05/11/2023	20	748,87	757,90	742,69	751,49	747,12	



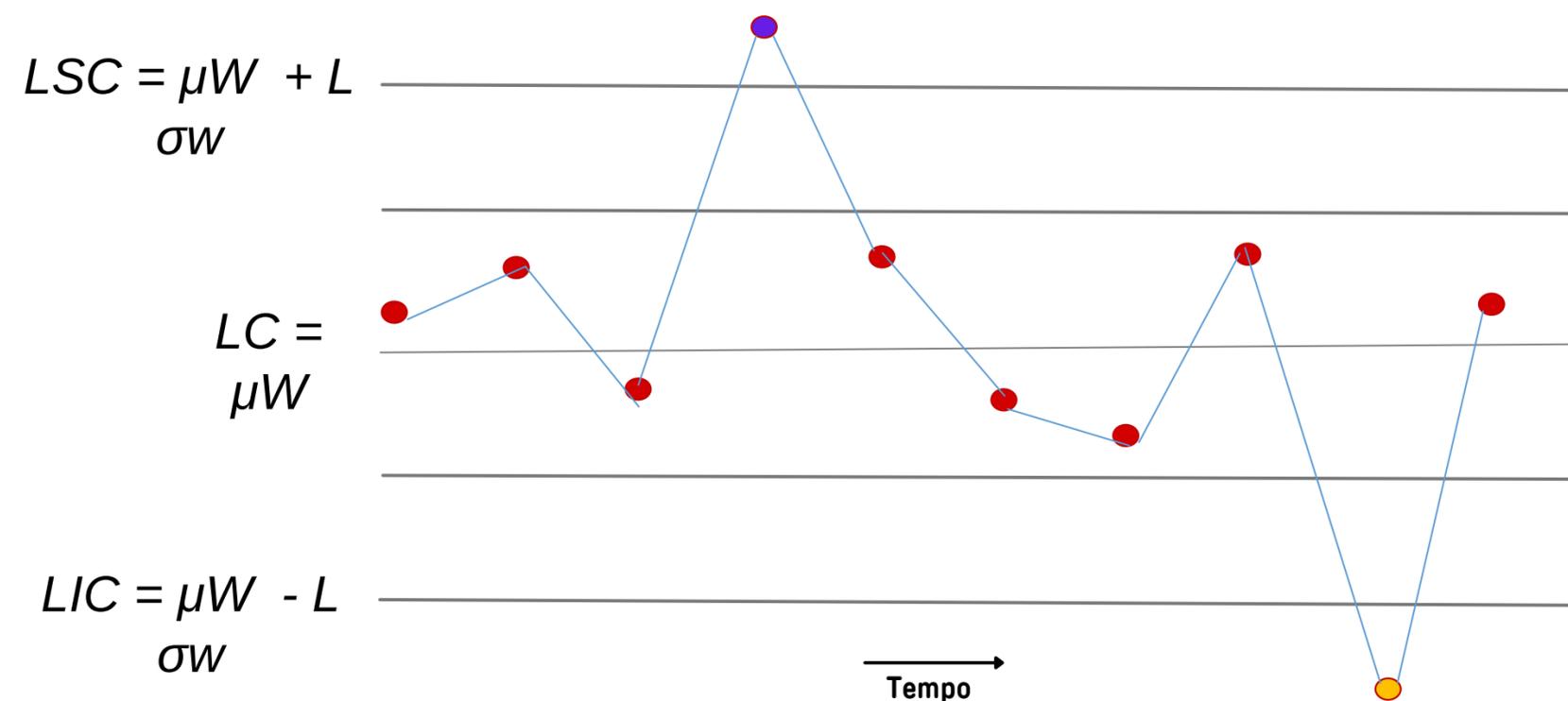
# SETE FERRAMENTAS DA QUALIDADE

## CARTAS DE CONTROLE

Os gráficos, ou cartas, de controle, são representações gráficas de uma característica da qualidade  $W$  (volume da garrafa, acidez da uva, velocidade do engarrafamento, etc) que foi medida, ou calculada, a partir de uma amostra versus o número da amostra ou tempo.

O gráfico contém uma linha central (LC), representando o valor médio da característica da qualidade correspondente ao estado sob controle, e os limites superior (LSC) e inferior (LIC), que delimitam o estado de controle do processo.

## GRÁFICO DE CONTROLE



Os gráficos de controle são as principais ferramentas de Controle Estatístico de Processos

# SAIBA MAIS

## ESTATÍSTICA POR TRÁS DAS CARTAS

Qualidade é um conceito que pode ter várias definições. Se pensarmos que o desvio padrão é a variabilidade do processo, então podemos definir qualidade como o oposto do desvio padrão.

$\mu_w$  representa a média de qualquer característica da qualidade. Pode ser a média dos desvios padrões, a média das amplitudes ou mesmo a média das médias.

$\sigma_w$  representa, então, o desvio padrão dessa característica da qualidade. Ou seja, pode ser desvio padrão das médias, das amplitudes ou dos desvios padrões. Por motivos estatísticos, é comum e indicado utilizar o 3 como multiplicador do desvio padrão.

## DESVIO PADRÃO

$$LSC = \mu_w + 3\sigma_w$$

$$LC = \mu_w$$

$$LIC = \mu_w - 3\sigma_w$$



Dentro do processo analisado, espera-se que as amostras estejam em torno de  $\mu_w$  e que ela varie no máximo três desvios padrões acima ou abaixo da média. Quando o desvio é maior do que isso, o processo é considerado fora de controle.

[Voltar ao Sumário](#)

# SAIBA MAIS

## ESTATÍSTICA POR TRÁS DAS CARTAS

Muitas, vezes, um processo pode não estar fora de controle segundo os limites de controle 3 sigma. Por isso, para agir antes que o processo esteja fora de controle, é comum utilizar os limites de alerta 2 sigma. Como o próprio nome diz, eles apresentam um alerta de que o processo pode estar se tornando fora de controle devido algum motivo.

Como iremos ver mais para frente, existem diversas maneiras de verificar se um processo está ou não fora de controle. Um delas é se houverem pelo menos três pontos fora dos limites de alerta dentro de uma amostragem.

## LIMITES DE ALERTA

$$LSC = \mu_w + 3\sigma_w$$

$$LSA = \mu_w + 2\sigma_w$$

$$LC = \mu_w$$

$$LIA = \mu_w - 2\sigma_w$$

$$LSC = \mu_w - 3\sigma_w$$



# SAIBA MAIS

## ESTATÍSTICA POR TRÁS DAS CARTAS

O objetivo do CEP é medir dados amostrais para supor, estatisticamente, informações sobre uma população. Como não sabemos, normalmente, as informações populacionais, as medidas estatísticas são estimadas.

Entretanto, seria incorreto falar, estatisticamente, que o desvio padrão amostral é um estimador não viesado para o desvio padrão populacional.

As principais técnicas estatísticas para estimar o desvio padrão do processo utilizam o desvio padrão da amostra e a amplitude da amostra.

## ESTIMADOR PARA O DESVIO PADRÃO

$$\hat{\mu} = \bar{X}$$

A média amostral é um estimador não viesado para a média populacional

$$\hat{\sigma}^2 = \bar{S}^2$$

A variância amostral é um estimador não viesado para a variância populacional

$$\hat{\sigma} = \frac{S}{C_4} \quad \hat{\sigma} = \frac{R}{d_2}$$

Os termos  $C_4$  e  $d_2$  são termos matemáticos (fatores de correção) que irão variar conforme  $n$  cresce. O estimador  $R/d_2$  só irá funcionar a medida em que  $n$  não cresce muito. Quando  $n$  se torna igual ou maior a 10, o ideal é utilizar como base apenas  $S$ .

# SAIBA MAIS

## ESTATÍSTICA POR TRÁS DAS CARTAS

Tanto para os cálculos dos parâmetros, quanto para o entendimento e aplicação dos métodos, é importante entender a diferença entre o número de amostras ( $m$ ) e a quantidade de unidades verificadas ( $n$ ). Por exemplo, na tabela, temos 10 amostras colhidas, cada uma com 5 unidades.

É possível perceber que as unidades geram uma matriz de  $m$  linhas e  $n$  colunas, onde  $W_{ij}$  são medidas de uma determinada característica da qualidade

Estatisticamente, é natural pensarmos que, quanto maior a amostra, mais fidedigno o resultado será. Entretanto, uma amostra de 20, 35 ou 30 unidades (dependendo do contexto) é bastante fiel à realidade e perfeitamente utilizável (Teorema do Limite Central).

## SIGNIFICADOS DE M E N

NÚMERO DA AMOSTRA	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

$$m = 10, n = 5$$

Cada amostra com  $n$  unidades

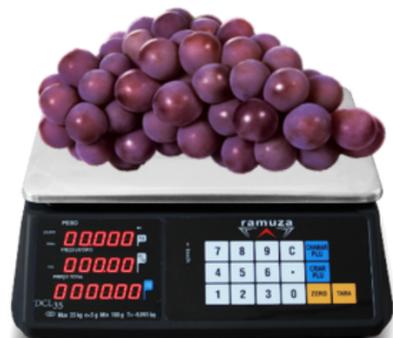
$m$ amostras colhidas no tempo	$W_{11}$	$W_{12}$	$W_{13}$	$W_{14}$	...	$W_{1n}$
	$W_{21}$	$W_{22}$	$W_{23}$	$W_{24}$	...	$W_{2n}$
	$W_{31}$	$W_{32}$	$W_{33}$	$W_{34}$	...	$W_{3n}$
	$W_{41}$	$W_{42}$	$W_{43}$	$W_{44}$	...	$W_{4n}$
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$
	$W_{m1}$	$W_{m2}$	$W_{m3}$	$W_{m4}$	...	$X_{mn}$

# CARTAS PARA VARIÁVEIS

Lembra do tipos de dados quantitativos que podem representar valores? Nas cartas para variáveis, os valores utilizados, são valores contínuos. Isto é, dentro de um único espaço, podem aparecer infinitas quantidades. Aqui estão alguns exemplos:



Qual a temperatura que um barril utilizado como amostra está, no momento da verificação? Pode ser 15,50 ou 18,72 °C ou uma infinidade de outras temperaturas, certo? Isso é um valor contínuo.



Se você necessita pesar um cacho de uvas, para medir se ele está de acordo com o peso esperado, esse peso pode ser 203, 81g ou 182,03g e assim por diante. Valores com casas decimais? Variável contínua!



E se você retirar como amostra, um vinho pronto e precisar medir o seu Ph? Bom, ele pode estar entre 3,2 e 3,8. Um pouco mais, um pouco menos, mas sempre um valor contínuo.

# CARTAS PARA VARIÁVEIS

## CARTA DA MÉDIA

$$LSC = \bar{X} + A_3\bar{S}$$

$$LC = \bar{X}$$

$$LIC = \bar{X} - A_3\bar{S}$$

## CARTA DA AMPLITUDE

$$LSC = D_4\bar{R}$$

$$LC = \bar{R}$$

$$LIC = D_3\bar{R}$$

## CARTA DO DESVIO PADRÃO

$$LSC = B_4\bar{S}$$

$$LC = \bar{S}$$

$$LIC = B_3\bar{S}$$

# CARTAS PARA ATRIBUTOS

Nas cartas para atributos, os valores são resultado de contagem. Ou seja, valores discretos, que não possuem casas decimais. Normalmente estas cartas são usadas para avaliar quantidade de defeitos. Abaixo estão alguns exemplos de medidas discretas, dentro dos processos de vitivinicultura:



Quantas uvas no meu cacho retirado como amostra estão estragadas? Bom, aqui não há unidade de medida e não há casas decimais. É simplesmente uma quantidade. Isso é um valor discreto.



Você está selecionando amostras de rolhas, para saber se o vinho produzido está sendo tampado com qualidade. Quantas delas estão estragadas, em relação ao total selecionado? Valor discreto.



Não é possível colocar um vinho em uma garrafa trincada ou rachada, não é mesmo? Vamos verificar, então, quantas dessas garrafas não podem ser utilizadas. Selecione uma amostra, conte, e encontre um valor discreto.

# CARTAS PARA ATRIBUTOS

## DEDUÇÃO PARA A CARTA PARA FRAÇÕES NÃO CONFORMES

A carta para frações não conformes parte do princípio estatístico de uma distribuição binomial de probabilidade. Ela vai representar a probabilidade de sucessos dentro de  $n$  tentativas. Para nós, sucessos serão as unidades não conformes encontradas em  $n$  unidades analisadas.

$$P(D = x) = \binom{n}{x} p^x (1 - p)^{n-x} \quad x = 0, 1, \dots, n$$

Onde  $p$  é a probabilidade de haverem não conformidades em uma amostra. O  $p$  pode ser estimado como a o total de não conformidades encontrado, dividido por, justamente, o total analisado. O total de não conformidade é a variável aleatória  $D$ .

$$\hat{p} = \frac{D}{n}$$

Como o que precisamos para o cálculo dos limites de uma carta de controle é a média e o desvio padrão, podemos retirar esses valores justamente da teoria da distribuição binomial, que apresenta esses parâmetros como:

$$\sigma^2_{\hat{p}} = \frac{p(1-p)}{n}$$

$$\mu_{\hat{p}} = p \quad \sigma_{\hat{p}} = \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

Se utilizarmos  $p$  como parâmetro, tanto os limites de controle quanto a linha central não serão constantes. Por isso, utilizamos a média de  $p$  como parâmetro para o gráfico.

$$\bar{p} = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m D_i = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m p_i$$

# CARTAS PARA ATRIBUTOS

## CARTAS PARA FRAÇÕES NÃO CONFORMES

$$\text{LSC} = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}}$$

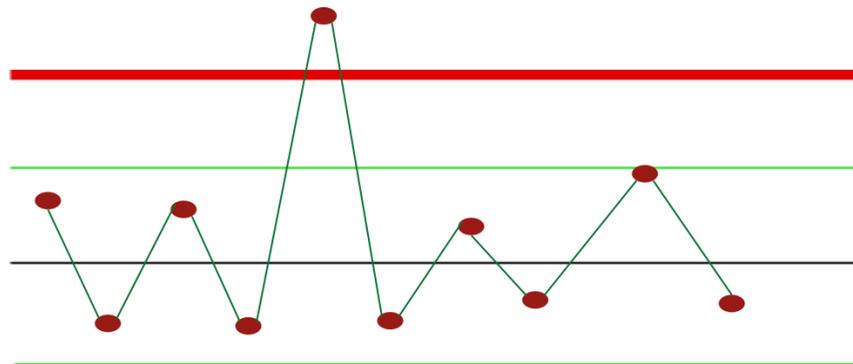
$$\text{LC} = \bar{p}$$

$$\text{LIC} = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}}$$

# INTERPRETAÇÃO DAS CARTAS

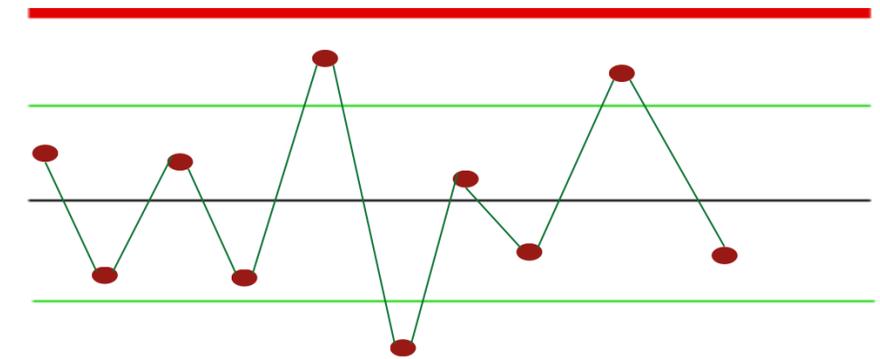
Um processo não está fora de controle somente quando não há nenhum ponto fora dos limites de controle. Existem uma série de formas de verificar quando o processo está fora de controle. Em ordem de importância, aqui estão as 4 principais:

1



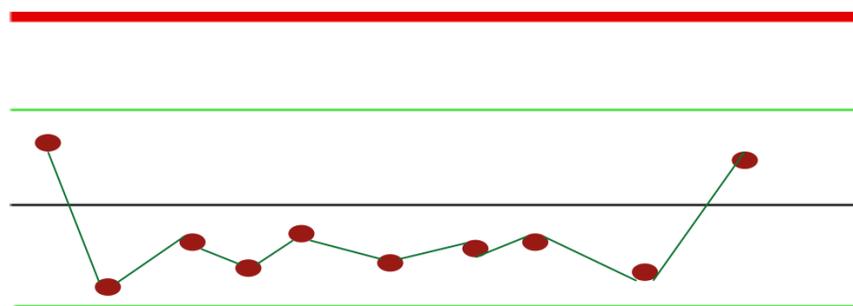
UM OU MAIS PONTOS FORA DOS  
LIMITES DE CONTROLE.

2



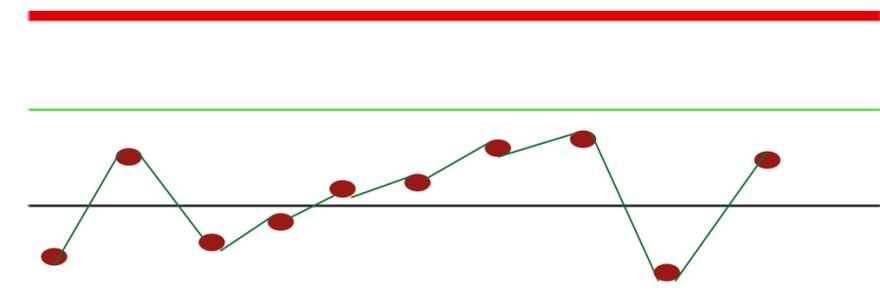
TRÊS PONTOS OU MAIS FORA DOS  
LIMITES DE ADVERTÊNCIA.

3



OITO OU MAIS PONTOS EM UM MESMO  
LADO DA LINHA CENTRAL

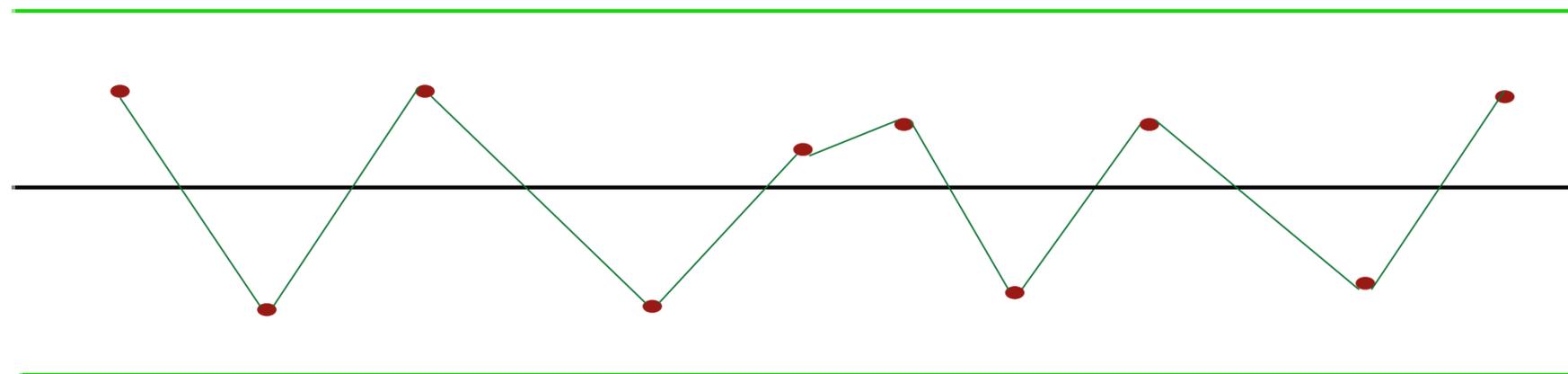
4



UMA SEQUÊNCIA DE SEIS OU MAIS  
PONTOS SUBINDO OU DESCENDO NO  
GRÁFICO.

# INTERPRETAÇÃO DAS CARTAS

Em um gráfico, onde o processo está sob controle, os pontos estão distribuídos aleatoriamente dentro dos limites de controle estabelecidos. Os pontos devem estar dentro dos limites de controle, sem padrões ou tendências significativas.



**PROCESSO SOB CONTROLE**



# FATORES PARA CONSTRUÇÃO DE GRÁFICOS

$A_3$	$\frac{3}{C_4\sqrt{n}}$
$C_4$	$\frac{4(n-1)}{4n-3}$
$B_3$	$1 - \frac{3}{C_4\sqrt{2(n-1)}}$
$B_4$	$1 + \frac{3}{C_4\sqrt{2(n-1)}}$
$B_5$	$C_4 - \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}}$
$B_6$	$C_4 + \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}}$
$B_6$	$C_4 + \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}}$
$D_3$	$1 - 3\frac{d_3}{d_3}$
$D_4$	$1 + 3\frac{d_3}{d_3}$
$d_2$	$E(W)$ , onde $W = \frac{R}{\sigma}$

Esse fatores são para efeito de facilitação de cálculo. Quando sabemos o valor de n, esses fatores se tornam constantes e facilitam o cálculo dos limites de controle. Entretanto, você não precisará realizar essas contas manualmente, pois as ferramentas que disponibilizaremos os fará automaticamente.



# FASES DO PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO DAS CARTAS DE CONTROLE

O uso padrão do gráfico de controle envolve as aplicações das fases I e II, com diferentes objetivos:

## FASE I

Na fase I, um conjunto de dados do processo é coletado e analisado de uma vez, em uma análise retrospectiva, construindo-se limites de controle de teste, para determinar se o processo estava sob controle durante o período em que os dados foram coletados.

Assim, se você, em sua vinícola, tiver dados anteriores, amostras coletadas e datas de coleta, é importante construir gráficos de controle com eles, para detectar problemas anteriores e corrigi-los.

## FASE II

A fase II se inicia após a obtenção de um conjunto de dados de processo "depurado", coletado sob condições estáveis e representativos do desempenho do processo sob controle.

Ou seja, na fase II, utilizamos o gráfico de controle para **MONITORAR** o processo, comparando a estatística amostral para cada amostra sucessiva, à medida que ela é extraída do processo, com limites de controle.

# INSTRUÇÕES PARA UTILIZAÇÃO DOS GRÁFICOS DE CONTROLE

Quais características do processo controlar

Para se utilizar os métodos de CEP, principalmente os gráficos de controle, é preciso seguir alguns protocolos. Primeiro, decidir quais as características do processo, que precisam ser analisadas.

Onde, no processo, utilizar os gráficos

Depois, decidir em qual parte do processo deve-se utilizar o gráfico (em um mesmo processo podem haver várias possibilidades).

Qual tipo de gráfico utilizar

Logo em seguida, a depender da necessidade, selecionar os tipos de gráficos, dentre os estudados, que serão utilizados.

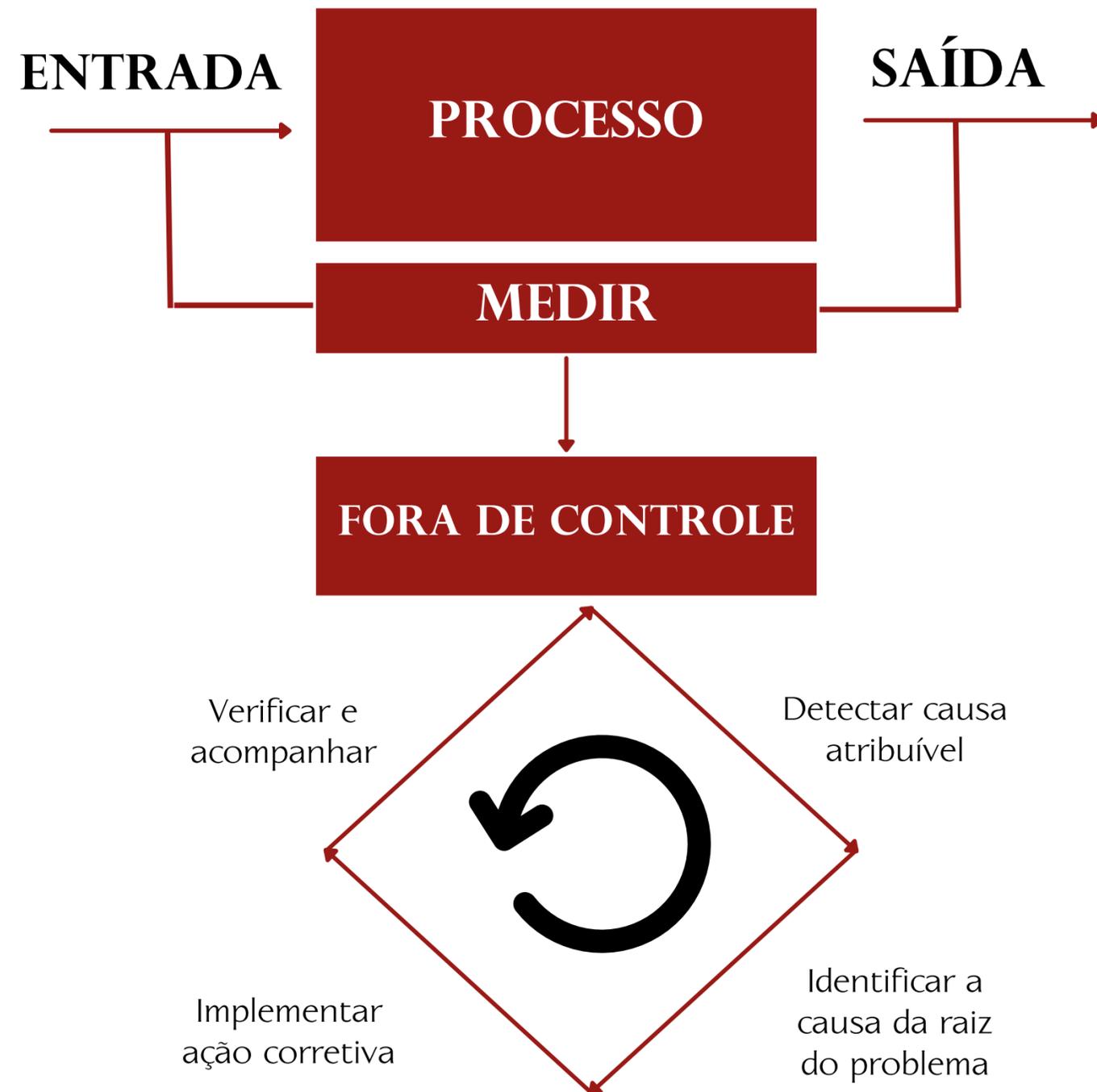
Diretrizes para agir, caso esteja fora de controle

E se o processo estiver fora de controle? Decida quais os protocolos de correções que devem ser feitos.

Selecionar sistemas de coleta de dados

Por último, quais as formas de coletar dados? Quais os programas utilizados? Será feito manualmente? Esse passo será importante para saber a velocidade e praticidade ao medir o processo.

# CONTROLE E MEDIÇÃO DA QUALIDADE



Todo processo produtivo possui entradas, métodos e operações de processamento e uma saída, que é o produto acabado (no caso, vinhos). A maior parte dos processos produtivos, é feito sem medição. Nesses casos, o processo não possui qualquer controle de qualidade e os defeitos vão sendo resolvidos no momento em que são notados. Assim, o produto final não possui critérios de qualidade.

Uma empresa que se preocupa com a qualidade final do produto e com a diminuição dos desperdícios e retrabalhos, mede o seu processo continuamente, visando identificar possíveis falhas. Chamamos de processo de qualimetria quando se encontram anomalias na qualidade e age-se instantaneamente para que o problema não se torne crônico e gere grandes desperdícios. Dessa forma, a garantia de que o cliente estará comprando o que experimentou pela primeira vez é maior.

# CAPACIDADE DO PROCESSO

O estudo sobre a capacidade do processo, pode ser um pouco mais avançado e deve ser realizado com base em conhecimento técnico. Entretanto, é possível realizar esta análise, respeitando algumas regras. Se essas regras não forem respeitadas, há grande chance da análise estar **INCORRETA**.

Esse estudo responde basicamente sobre a capacidade do processo em produzir produtos com qualidade. Isto é, a cada certa quantidade de produtos produzidos, quantos estarão fora das especificações? Esse dado indicará se o processo está ou não produzindo com qualidade.

Um método bastante utilizado para a medição da capacidade do processo é a Razão da Capacidade do Processo, índice RCP (na equação, Cp). Esse índice irá informar quantos produtos por milhão (ppm) produzidos estarão com defeito.

Como nos gráficos de controle, o desvio padrão será estimado por meio da amplitude ou desvio padrão da amostra. Sempre que é realizada uma estimação, o resultado aparece com um acento circunflexo, que indica ter sido estimado.

$$\hat{C}_P = \frac{LSE - LIE}{6\hat{\sigma}}$$

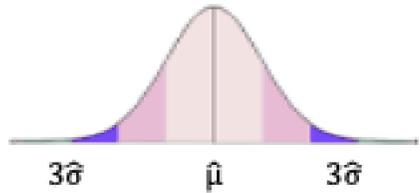
Onde LSE (Limite Superior de Especificação) e LIE (Limite Inferior de Especificação) são limites especificados pela gerência ou instituição oficial de medição (INMETRO, p.ex.). Quanto menores esses limites, mais qualidade os produtos têm, entretanto, é mais difícil de atingir e, por consequência, haverão mais produtos fora dos limites de especificação.

# INTERPRETAÇÃO DO ÍNDICE RCP

A razão que envolve a fórmula do índice RCP possui um motivo de ser. O numerador representa a tolerância especificada, ou seja, a tolerância que os limites especificados permitem de variabilidade. O denominador seis sigma, representa uma tolerância natural seis sigma, que representa um padrão de qualidade a ser atingido.

Muitas vezes, você pode estar interessado em analisar a sua capacidade de produzir a partir da parte superior ou inferior da média. Isso dará uma resposta diferente e pode ser mais interessante de acordo com as necessidades momentâneas. São as capacidades de processo inferior ( $C_{pi}$ ) e superior ( $C_{ps}$ ). Quase sempre estimadas a partir de um estimador de desvio padrão e da média do processo.

$C_p < 1$	TN menor que TE ( <b>PREOCUPANTE</b> )
$C_p = 1$	TN igual a TE ( <b>PRECISA MELHORAR</b> )
$C_p > 1$	TN maior que TE ( <b>DESEJÁVEL</b> )

$$\hat{C}_{pi} = \frac{\hat{\mu} - LIE}{3\hat{\sigma}}$$


$$\hat{C}_{ps} = \frac{LSE - \hat{\mu}}{3\hat{\sigma}}$$

Como esse método pressupõe que os dados estão distribuídos por uma normal, que é uma distribuição SIMÉTRICA. Cada lado da cauda da distribuição será medido individualmente por 3 sigmas, metade dos 6 sigmas utilizados para a medição unilateral.

$C_{pi} < 1 \mid C_{ps} < 1$	TN menor que TE ( <b>PREOCUPANTE</b> )
$C_{pi} = 1 \mid C_{ps} = 1$	TN igual a TE ( <b>PRECISA MELHORAR</b> )
$C_{pi} > 1 \mid C_{ps} > 1$	TN maior que TE ( <b>DESEJÁVEL</b> )

LSE - LIE = Tolerância Especificada (TE)

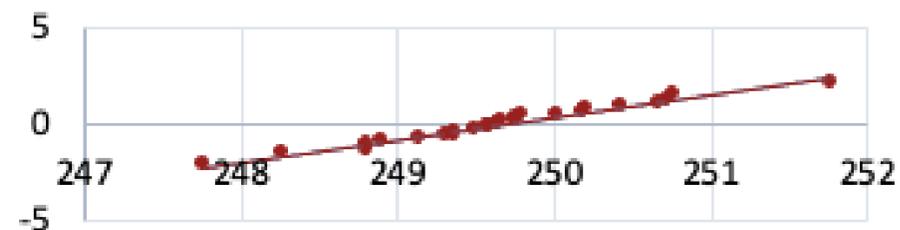
$6\sigma$  = Tolerância Natural (TN)

# REGRAS PARA O ÍNDICE RCP

1

Para utilizar o índice RCP, os dados precisam ser normalmente distribuídos. Caso contrário, haveria de ser feito um estudo mais aprofundado. Para saber se os dados seguem uma distribuição normal de probabilidade, existem algumas ferramentas. Uma delas, é o gráfico de probabilidade normal, mostrado abaixo:

## Gráfico de Probabilidade Normal



Neste gráfico, para que os dados tenham distribuição normal, os pontos devem seguir uma forma linear, acompanhando uma reta. Caso contrário, não são normalmente distribuídos. Pelo Teorema do Limite Central, utilizando parâmetros de várias pequenas amostras, a aproximação normal é alcançada.

2

O processo precisa estar sob controle estatístico. Caso estejam fora de controle, o índice RCP não estará correto.

# EXEMPLO DE UTILIZAÇÃO DO RCP

O resultado do índice RCP deve ser interpretado como a quantidade de produtos que serão produzidos incorretamente, por milhão de produtos produzidos.

Por exemplo, para realizar a fermentação do mosto e transforma-lo em vinho, é preciso que haja uma temperatura adequada. Você, após reunião com enólogos e pesquisas, decidiu que uma boa fermentação deve ocorrer entre 21 °c e 25 °c, que são os limites inferior e superior de especificação, respectivamente.

Ao coletar amostras, você percebeu que a média de temperatura de fermentação estava em 23 °c com desvio padrão de 4 °c. Em cada amostra, foram averiguadas 5 temperaturas de barris. Verificou-se, ainda, que o processo está sob controle e que a amostra segue distribuição normal. Será que você tem capacidade de produzir vinhos com as especificações que gostaria? Calcule o índice RCP.

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{s}}{c_4} = \frac{\bar{s}(4n-3)}{4(n-1)} = \frac{4(4*5-3)}{4(5-1)} = 4,25$$

$$\hat{C}_P = \frac{LSE - LIE}{6\hat{\sigma}} = \frac{25 - 21}{6 * 4,25} = 0,15$$



# PRÓXIMOS PASSOS



O próximo passo é aprender a utilizar as ferramentas que foram criadas pela equipe CEP e seguir as diretrizes ensinadas, para que seja possível a aplicação do controle da qualidade na sua vinícola e em todas as outras que participam do projeto. Esperamos que essa cartilha tenha sido proveitosa no seu aprendizado sobre controle de qualidade! Lembramos que todas as informações aqui utilizadas são validadas cientificamente, caso queira conhecer e se aprofundar nesses assuntos, acesse o nosso relatório técnico-científico de entregas e produtos.

Obrigada por ter chegado até aqui conosco!

Não deixe de ler também as seguintes cartilhas:

- Utilização do aplicativo de CEP
- Utilização do aplicativo de Análise de Investimentos
- Estatística básica para produtores de vinhos

Lembre-se que mais importante do que saber calcular, é saber interpretar os resultados e implementar as correções através de um sistema cooperativo de gestão da qualidade, que envolva todos aqueles que fazem parte do processo de produção na sua vinícola.

Realização e financiamento:

