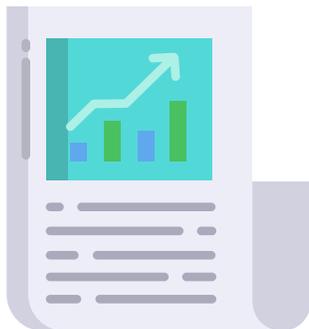




# 10 considerações importantes ao avaliar a capacidade do processo



A capacidade do processo é essencial para garantir que um processo possa atender consistentemente aos requisitos e expectativas de nossos clientes. Ao quantificar a capacidade de um processo de produzir os resultados desejados, as organizações podem manter com eficácia produtos de alta qualidade e minimizar defeitos. Da fabricação aos setores de serviços, compreender e aproveitar o poder da análise de capacidade é essencial para impulsionar a melhoria contínua, aumentar a satisfação do cliente e, em última análise, alcançar o sucesso sustentável no ambiente de negócios dinâmico de hoje.

Então, por que tantos consumidores dessas métricas não as usam ou as interpretam corretamente? Vamos nos aprofundar em algumas considerações importantes que muitas vezes são perdidas ao relatar e interpretar esse valor de Cpk ou Ppk.

## Consideração 1: Seu processo é estável?

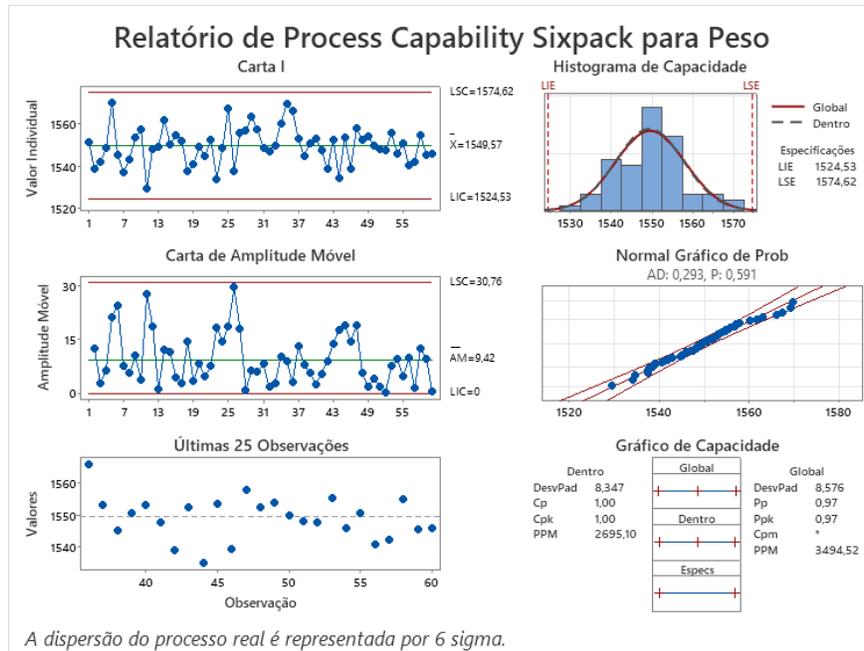
Embora seja necessário lançar produtos, as empresas mais bem-sucedidas recuam e monitoram seus processos para garantir que estejam estáveis primeiro. Garantir que seu processo seja estável é importante para a capacidade do processo por dois motivos:

1. O foco na estabilidade do processo reduz inerentemente a variação do processo, o que, por sua vez, aumenta a capacidade do processo.
2. Se o processo não for estável, como você pode dizer se o processo é capaz? Em outras palavras, a pergunta se torna: Capaz **quando**? Se o processo estiver mudando, realmente não sabemos se ele foi capaz de criar o produto necessário quando um cliente específico o recebeu.

Por exemplo, um fabricante de bebidas está monitorando os pesos de enchimento em um processo de envasamento. Os pesos de enchimento precisam ficar entre 1500 e 1600 gramas. O Capability Sixpack do Minitab Statistical Software fornece uma visão geral rápida da capacidade e estabilidade do processo. (Escolha **Estatísticas > Ferramentas de qualidade > Capability Sixpack > Normal.**)

Dica profissional: Como seus dados não foram coletados em subgrupos, use um tamanho de subgrupo igual a 1 ao preencher a caixa de diálogo.

Na exibição gráfica resultante abaixo, podemos concluir que esse processo é estável, pois nenhum valor está fora dos limites de controle vermelhos e nenhum alerta adicional para variação de causa especial aparece na Carta I ou na Carta de Amplitude Móvel.



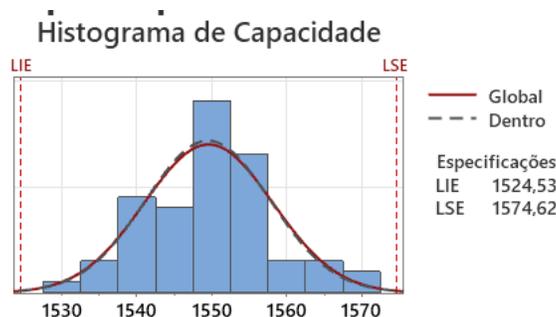
Se, por outro lado, os alertas na Carta I ou Carta de Amplitude Móvel indicassem que a média ou variação do processo estava mudando, seu melhor curso de ação seria parar e determinar a causa raiz desses padrões de mudança.

Felizmente, esse não é o caso e podemos passar para nossa próxima consideração.

## Consideração 2: Seu processo é normal?

Claro, meu processo é normal. Ele está funcionando como normalmente acontece. Mas quando falamos sobre um processo normal, estamos realmente nos referindo à forma das medições provenientes do seu processo.

Medições como pesos de enchimento geralmente seguem um padrão normal, ou em forma de sino, porque as garrafas são preenchidas automaticamente por uma máquina que tende a se comportar de maneira consistente. Os pesos de enchimento resultantes são centralizados em torno de um valor específico, a média e depois caem da mesma maneira no lado inferior e no lado superior da média. No Capability Sixpack anterior, você pode ver no histograma que os pesos de enchimento têm uma forma razoável de sino.



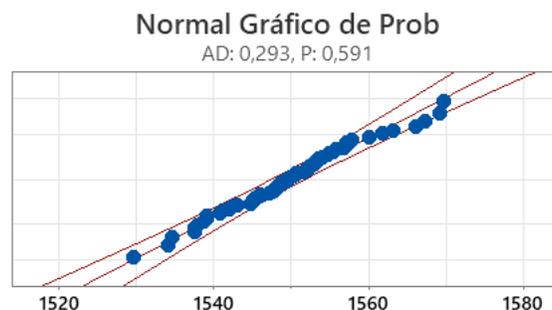
Por enquanto, tudo OK. Mas, à medida que melhoramos nossa experiência em análise, aprendemos que muitas vezes é uma boa ideia parear um teste de hipótese com qualquer conclusão que possamos tirar de uma visualização. Isso nos leva à nossa terceira consideração.

### Consideração 3: Existem evidências contra a normalidade?

Para passar da verificação visual da normalidade para uma abordagem estatística mais sofisticada, podemos usar o Teste de Anderson-Darling. O teste de Anderson-Darling compara a amostra de dados que você tem com uma distribuição conhecida, como a distribuição normal. As hipóteses para o teste de Anderson-Darling são:

- H0: Os dados são de uma população normalmente distribuída  
H1: Os dados não são de uma população normalmente distribuída

Para entender o teste de Anderson-Darling, podemos passar para o próximo gráfico em nosso Capability Sixpack – o Gráfico de Probabilidade mostrado abaixo. As linhas de grade que formam o plano de fundo do gráfico não são uniformemente espaçadas na direção vertical. Em vez disso, essas linhas de grade são ajustadas para refletir como é uma distribuição normal com espaço para mais observações no centro e menos espaço para observações nas extremidades superior e inferior. Os pontos azuis no gráfico não assumem nenhuma distribuição, mas se a distribuição refletida na grade for apropriada, os pontos cairão em uma linha relativamente reta, como fazem aqui. Além disso, o valor-p de  $P = 0,591$  é maior que o benchmark padrão de  $\alpha = 0,05$  para rejeitar a hipótese nula. Portanto, não há evidências contra os dados provenientes de uma população normalmente distribuída.



Para esses dados, podemos prosseguir como se os dados fossem de uma população normalmente distribuída. O que nos leva à próxima consideração.

### Consideração 4: Você provou que os dados são normais?

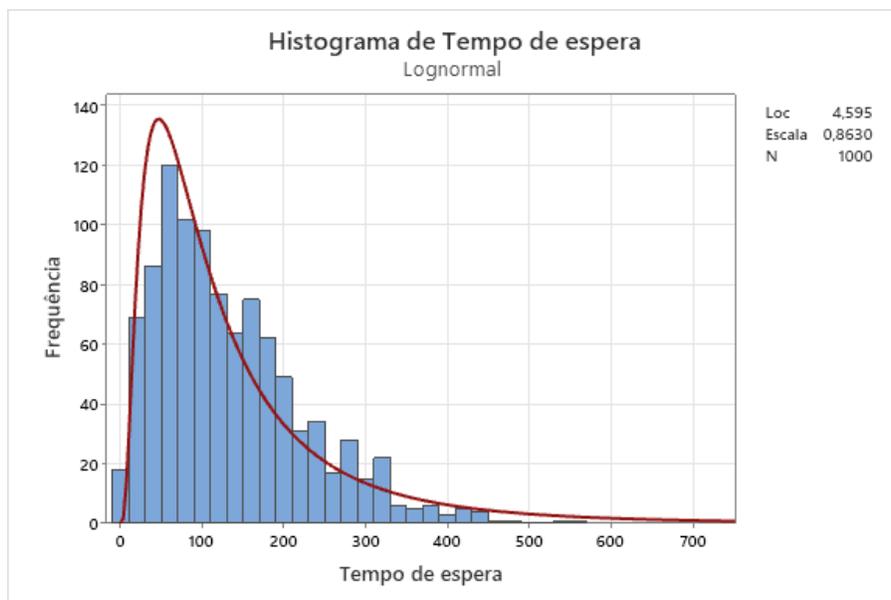
Embora um teste de hipótese e um valor-p possam ser muito úteis para descartar uma distribuição como sendo a correta para os dados em questão, eles não provam nada. Você se lembra do ditado “Inocente até que se prove o contrário”? Bem, no caso dos testes de Anderson-Darling, presumimos que a distribuição que está sendo testada é a correta e procuramos evidências contra isso. Portanto, se nosso teste de Anderson-Darling resultar em um valor-p maior que 0,05, não provamos nada; simplesmente não encontramos evidências suficientes contra essa distribuição representando a população de onde nossa amostra veio.

O teste de Anderson-Darling está disponível para várias distribuições, além da distribuição normal. Como a hipótese nula para esse teste é sempre que os dados amostrais vêm de uma população que segue essa

distribuição específica, muitas vezes podemos presumir que várias distribuições diferentes podem ser apropriadas. Em outras palavras, podemos usar o valor-p do teste de Anderson-Darling para descartar distribuições, mas não podemos usar esse valor-p para provar que uma distribuição é a correta. Esse enigma nos leva à próxima consideração.

## Consideração 5: E se meus dados não forem normais?

Há várias razões pelas quais o teste de normalidade de Anderson-Darling resulta em um valor-p menor que 0,05. O motivo mais lógico (e comum) é que seus dados vêm de uma população que não segue um padrão em forma de sino. Por exemplo, os dados de tempo de espera geralmente contêm alguns tempos extremamente longos e podem seguir um padrão como você vê no histograma abaixo.

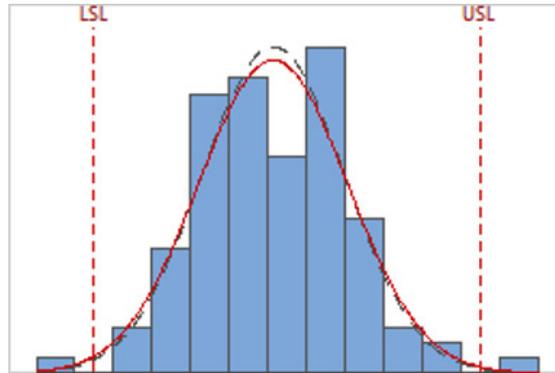


A não normalidade nos dados não é um problema. O Minitab Statistical Software tem várias outras distribuições, como a distribuição lognormal que você vê acima, que pode ser usada para estimar sua capacidade de processo. O que nos leva à próxima consideração.

## Consideração 6: Por que a não normalidade é importante?

Acontece que, para muitas situações na estatística, a suposição de normalidade não é realmente tão importante. Infelizmente, a análise de capacidade não é uma dessas situações. A normalidade não é uma suposição importante para técnicas que envolvem diferenças nas médias, como testes t ou ANOVA, porque se você coletar as médias de pontos de dados individuais provenientes de populações não normais, essas médias acabam seguindo uma distribuição normal.

Por outro lado, se quisermos determinar a capacidade de um processo que está dentro dos limites de especificação, o foco está nas observações individuais que estão nas caudas da distribuição, não nas médias. Em termos simples, a capacidade é a razão entre a tolerância e a dispersão do processo. Para medir a dispersão de um processo, precisamos saber a distribuição, ou forma, da população a partir da qual os dados foram amostrados.



Ao estimar a capacidade do processo para situações como tempo de espera do paciente ou muitos outros casos em que você descobre que seus dados não são normais, precisaremos considerar olhar além das estimativas de capacidade tradicionais estabelecidas para dados de uma distribuição normal. Também precisamos pensar se os dados estão, de fato, vindo de uma população não normal ou se algo mais está causando um valor-p baixo de Anderson-Darling. Isso nos leva à próxima consideração.

## Consideração 7: Como os outliers afetam a distribuição?

Os outliers, ou pontos de dados que estão fora da faixa esperada, podem ter um impacto substancial em como uma distribuição, normal ou não, se ajusta. Quando existem outliers extremos, é provável que seu valor-p de Anderson-Darling seja menor que o benchmark de 0,05 para cada distribuição que você tentar, indicando que nenhuma distribuição representa a forma certa para seu processo. Nesse caso, a primeira coisa a considerar é o que fez com que os outliers ficassem com eles.

Seu processo não é estável? (Consulte a Consideração 1.) O outlier foi causado por algo explicável, mas não típico, como um erro de medição? (Considere remover esse ponto de dados). Ou o outlier faz parte dos dados? Nesse caso, uma abordagem sem distribuição (não paramétrica) pode ser o melhor caminho a seguir. O que nos leva à próxima consideração.

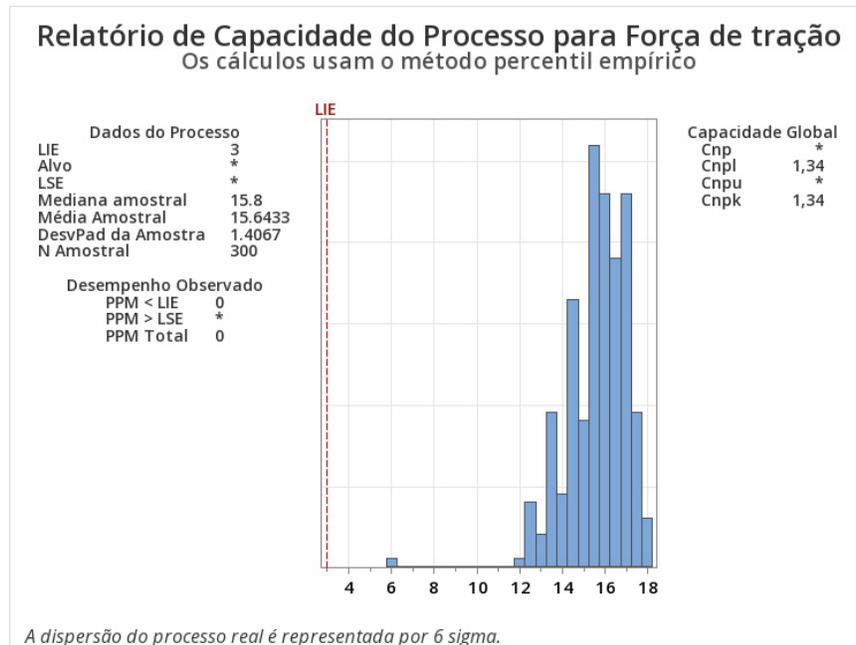
## Consideração 8: Devo supor uma distribuição?

Suponha que uma distribuição é comum em análises estatísticas. Ela nos permite preencher lacunas e fazer suposições sobre o que está acontecendo em locais onde há dados limitados ou nenhum dado. No entanto, há momentos, especialmente quando existem outliers extremos, em que uma abordagem sem distribuição pode ser a melhor opção. Uma ressalva a respeito disso, no entanto, é que uma abordagem sem distribuição exigirá mais dados, pois você precisará de dados suficientes, idealmente algumas centenas de pontos de dados, para obter um bom reflexo de como é a população.

Por exemplo, uma empresa de dispositivos médicos precisa garantir que os tubos usados em um dispositivo de oxigênio sejam capazes de atender a uma especificação de resistência específica. Mas quando o teste foi feito em amostras desse tubo, uma amostra quebrou inesperadamente com menos força. Aqui, o outlier ainda está acima do limite inferior de especificação, mas cria um problema ao procurar uma distribuição apropriada.

Felizmente, o Minitab Statistical Software agora oferece uma análise de capacidade não paramétrica

(escolha **Estatística > Ferramentas de qualidade > Análise de capacidade > Não paramétrica**). Nos resultados abaixo, a estatística de capacidade não paramétrica, Cn<sub>pk</sub>, é 1,34, que está acima do benchmark de capacidade comum de 1,33. Sem precisar supor uma distribuição, podemos concluir que nosso processo é capaz, mesmo com o outlier.



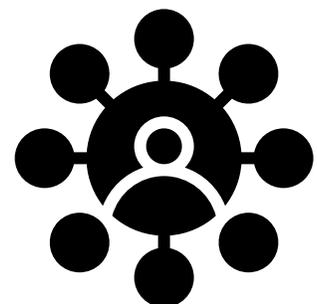
Como você pode ver, ter uma abordagem sem distribuição em suas ferramentas é muito útil. Mas com todas as opções agora disponíveis, como escolhemos entre elas? Isso leva à nossa próxima consideração.

## Consideração 9: Qual abordagem devo escolher?

Existem três abordagens gerais para lidar com dados não normais ao estimar a capacidade. Podemos:

- Usar uma distribuição não normal, como a distribuição lognormal ou de Weibull.
- Usar uma função dos dados, como o registro dos dados, para tornar os dados nas caudas longas do histograma menos extremos e, portanto, os dados mais em forma de sino ou normais.
- Usar uma abordagem que não exija uma distribuição presumida.
- 

O Minitab Statistical Software oferece todas essas abordagens, incluindo uma ferramenta de identificação de distribuição para ajudá-lo a selecionar uma distribuição ou transformação apropriada. (Selecione Estatísticas > Ferramentas de qualidade > Identificação de distribuição individual). Essas abordagens comprovadas são ótimas para casos em que você sabe exatamente como deseja lidar com a não normalidade em seus dados. No entanto, se você não tiver certeza por onde deseja começar ou achar todas essas informações um pouco complicadas, deixe-me mostrar uma consideração final.



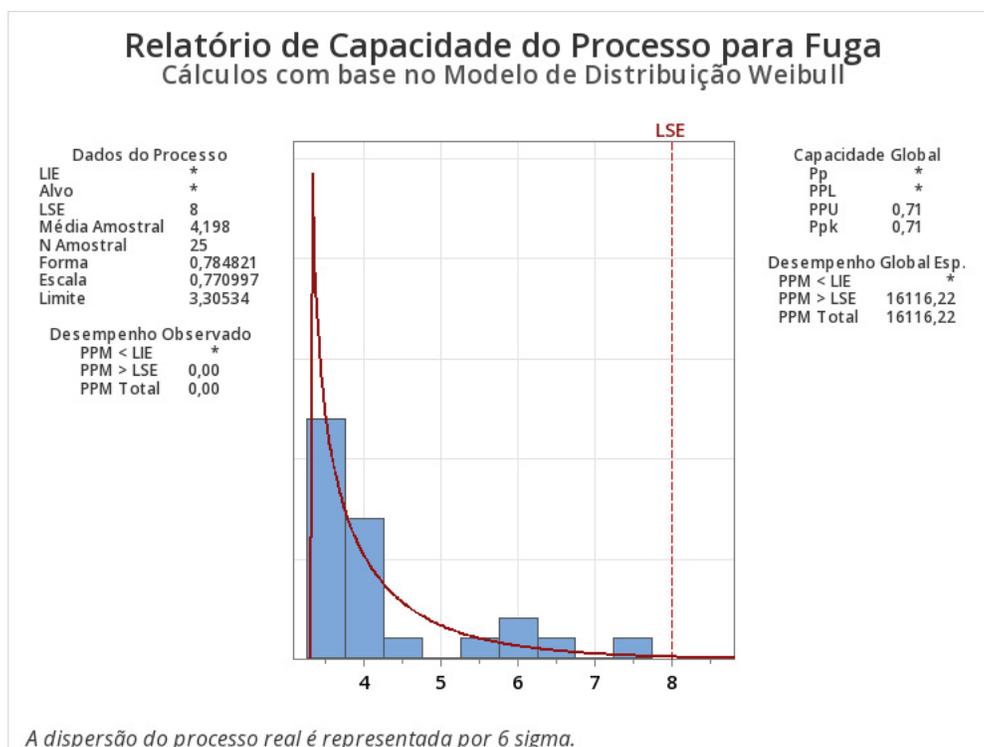
## Consideração 10: Deixe a IA específica do contexto decidir

A nova Análise de capacidade automatizada do Minitab Statistical Software usa as informações coletadas de muitos anos de experiência no mercado de qualidade para fornecer uma abordagem automatizada para fornecer a estatística de capacidade mais precisa por meio de inteligência artificial baseada em regras com base em seus dados.

Por exemplo, uma empresa farmacêutica precisa estimar a capacidade de seu processo de lacrar garrafas de comprimidos com vazamento de ar mínimo. Usando uma máquina de teste de vazamento, eles medem o vazamento vindo de uma amostra desses frascos. Usando a Análise de capacidade automatizada, o Minitab Statistical Software encontrará uma estimativa de capacidade razoável para esses dados, levando em consideração tudo o que discutimos aqui e muito mais. (Escolha Estatísticas > Ferramentas de qualidade > Análise de capacidade > Automatizado).

E os resultados chegaram! A rotina começará com a distribuição normal e, se isso funcionar, encerraremos. (Por que procurar problemas se não precisamos?) No caso de dados de vazamento, a rotina prosseguiu através de várias distribuições, de mais comum para menos comum, e chegou a uma que é um bom ajuste.

No gráfico abaixo, vemos que esse processo não é capaz. Para que um processo seja considerado capaz, Ppk precisa estar bem acima de 1,0, normalmente 1,33 ou 1,5. O Ppk de 0,71 indica que o spread esperado do processo é um pouco mais largo do que a tolerância e podemos esperar ver uma taxa de defeitos de cerca de 1,61%.



A Análise de capacidade automatizada do Minitab Statistical Software seguiu um conjunto de regras que um estatístico provavelmente seguiria para analisar esses dados. Mas se sua experiência no domínio diz

que outra abordagem, como uma transformação, pode funcionar melhor para sua situação, basta clicar no botão **Selecionar um método alternativo** diretamente dos resultados e selecionar o método de sua escolha.

## Considerações finais

Do alimento que comemos aos aparelhos médicos que usamos e à assistência médica que recebemos; todos nós somos tocados pelas decisões tomadas sobre se um produto é capaz de atender aos nossos requisitos. Uma abordagem bem pensada para análise de capacidade é fundamental para fornecer produtos de alta qualidade. Se você quer permanecer no banco do motorista, permitir que a IA faça escolhas para você ou usar uma combinação de ambas, o Minitab Statistical Software tem tudo que você precisa!



Você tem dados. Nós temos Solutions Analytics™.

Baixe uma avaliação gratuita  
[minitab.com](https://www.minitab.com)