



Engenharia de Produção



Engenharia da Qualidade II

Prof. Dr. Fabrício Maciel Gomes



Engenharia da Qualidade II



Exemplo 1: Medindo a Exatidão e a Precisão

Proposta

Análise de precisão e exatidão de um sistema de medição em experimentação, usando estatísticas descritivas e um boxplot.

Problema

Engenheiros elaboram um sistema de medição para mensurar um item crítico de um processo de montagem. Para avaliar a exatidão e precisão do sistema, os engenheiros planejam um experimento no qual dois operadores efetuaram repetidas mensurações do mesmo item.



Engenharia da Qualidade II



Dados Coletados

Os engenheiros selecionaram um item considerado padrão com comprimento conhecido de 25 mm. Cada operador mediu este item padrão 50 vezes.

Ferramentas

- Calculator;
- Display Descriptive Statistics;
- Boxplot

Arquivo de Dados: LENGTH.MPJ

Variável	Descrição
Operator	Identificação do Operador
Lenght	Medida feita pelo operador do item



Engenharia da Qualidade II

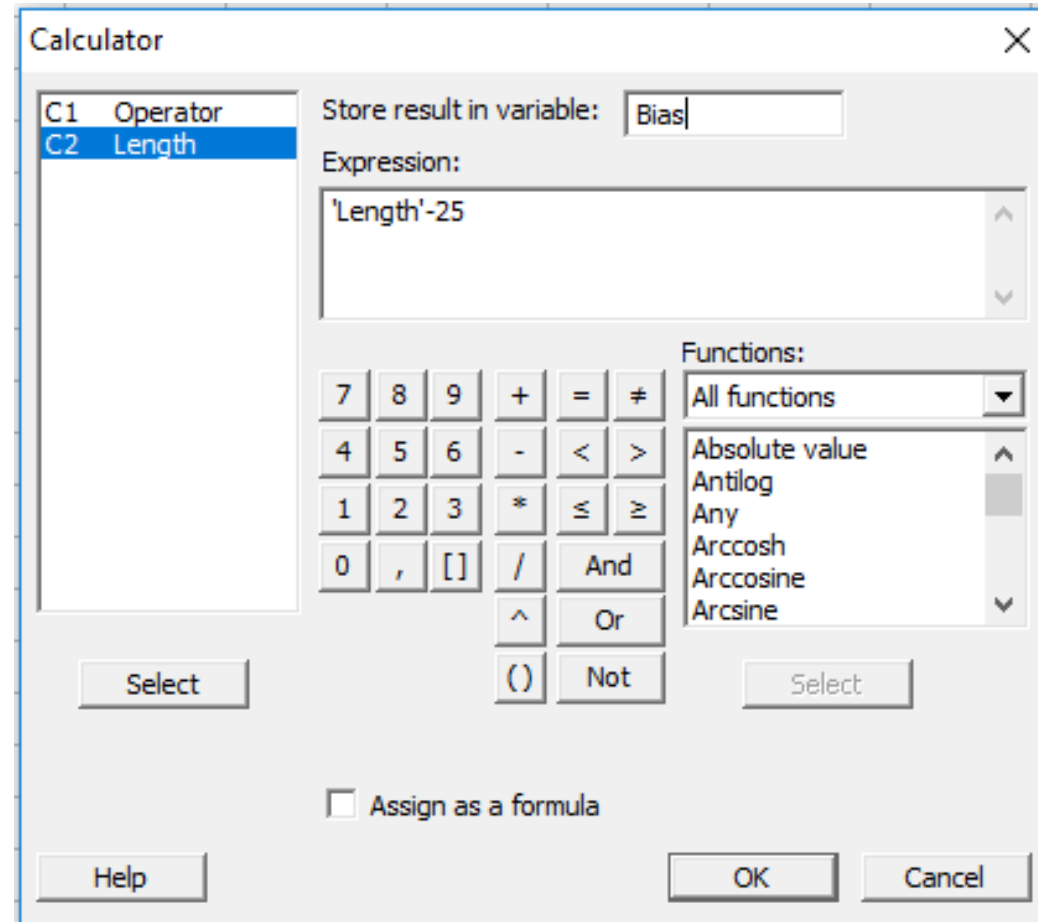


Calculando Valores

Antes de analisar os dados, use a calculadora (Calculator) do Minitab para transformar os dados, subtraindo 25 das medidas efetuadas, o que quantificará as diferenças entre a medida efetuada e a medida real. Esta diferença expressa o vício das mensurações. O Minitab armazena os valores transformados em uma coluna específica.

Calculadora

1. Abra o projeto LENGHT.MPJ;
2. Selecione **Calc>Calculator**;
3. Complete a caixa de diálogo, como mostra a figura a seguir

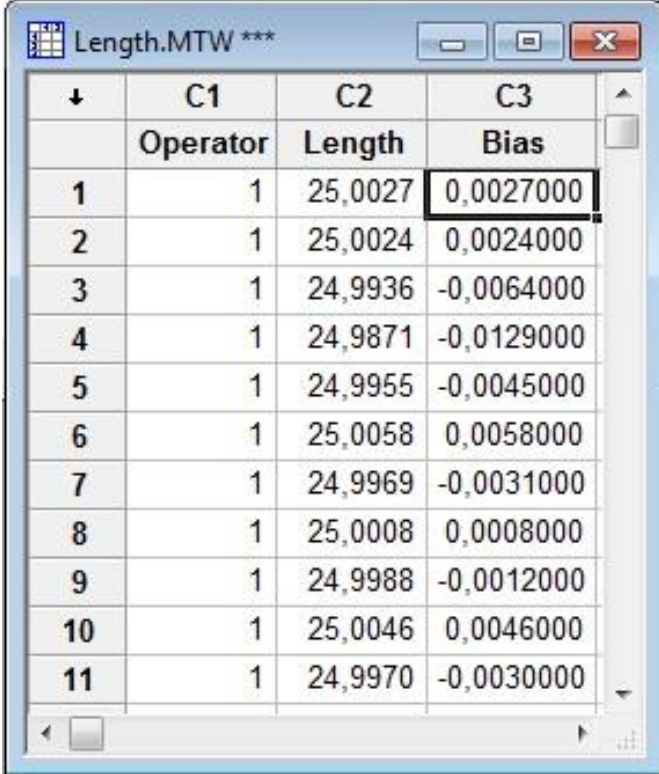


4. Clique em **OK**

Interpretando Resultados

Examine a **Worksheet**. Na nova coluna, intitulada **Bias**, note que:

- O valor 0 (zero) indica que o valor mensurado é igual para o valor do item padrão;
- Um número positivo indica o valor mensurado é maior que o valor do item padrão;
- Um número negativo indica o valor mensurado é menor que o valor do item padrão.



	C1	C2	C3
	Operator	Length	Bias
1	1	25,0027	0,0027000
2	1	25,0024	0,0024000
3	1	24,9936	-0,0064000
4	1	24,9871	-0,0129000
5	1	24,9955	-0,0045000
6	1	25,0058	0,0058000
7	1	24,9969	-0,0031000
8	1	25,0008	0,0008000
9	1	24,9988	-0,0012000
10	1	25,0046	0,0046000
11	1	24,9970	-0,0030000



Engenharia da Qualidade II



Exibindo Estatísticas Descritivas

Use estatísticas descritivas para determinar a exatidão e precisão das medições efetuadas pelos operadores. Devido ao fato das medições dos dois operadores estarem em uma mesma coluna, use **By variable>Operator**, e então o Minitab mostrará as estatísticas estratificadas por cada operador.

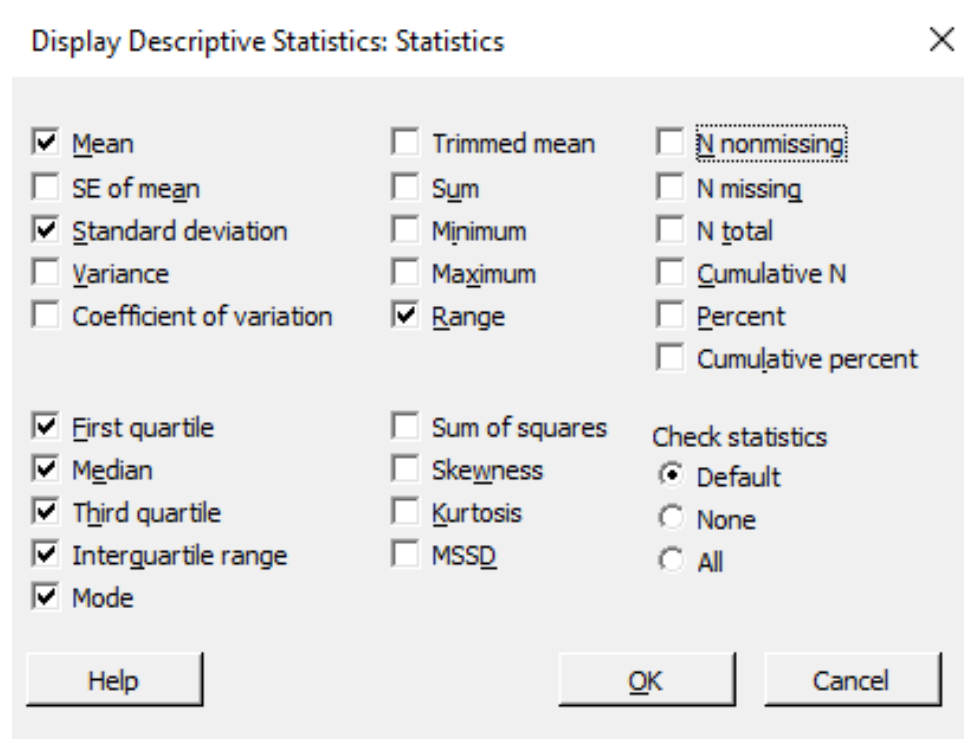
Para uma única medição, a **exatidão** refere-se ao quão perto da medida real está o valor mensurado pelo operador. Para várias medições, a exatidão refere-se ao quão perto a média dos valores medidos está do valor real do item. Neste caso o valor real do item é 25.

A **precisão** refere-se à variabilidade das medições realizadas. Use uma medida de variabilidade, como o desvio-padrão, para avaliar a precisão.

Note que somente é possível avaliar a exatidão de um sistema de medição se soubermos o valor real do item medido. Contudo, podemos avaliar a precisão do sistema de medição sem conhecer este valor.

Exibindo Estatísticas Descritivas

1. Selecione **Stat > Basic Statistics > Display Descriptive Statistics**;
2. Em **Variables**, digite *Bias*. Em **By variables** digite *Operator*;
3. Clique em **Statistics**;
4. Complete a caixa de diálogo como mostra a figura abaixo.



5. Clique em **OK**;
6. Clique em **Graphs**. Selecione **Boxplot of data**;
7. Clique em **Ok** em cada caixa de diálogo.

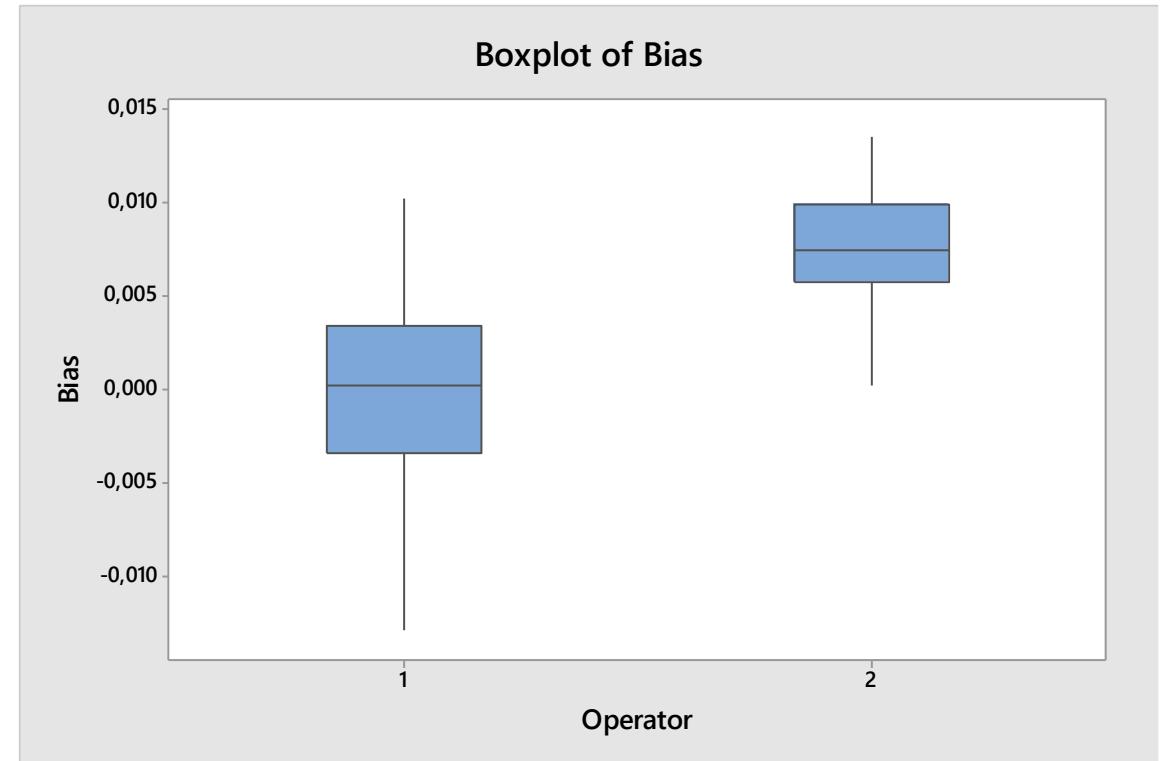
Descriptive Statistics: Bias

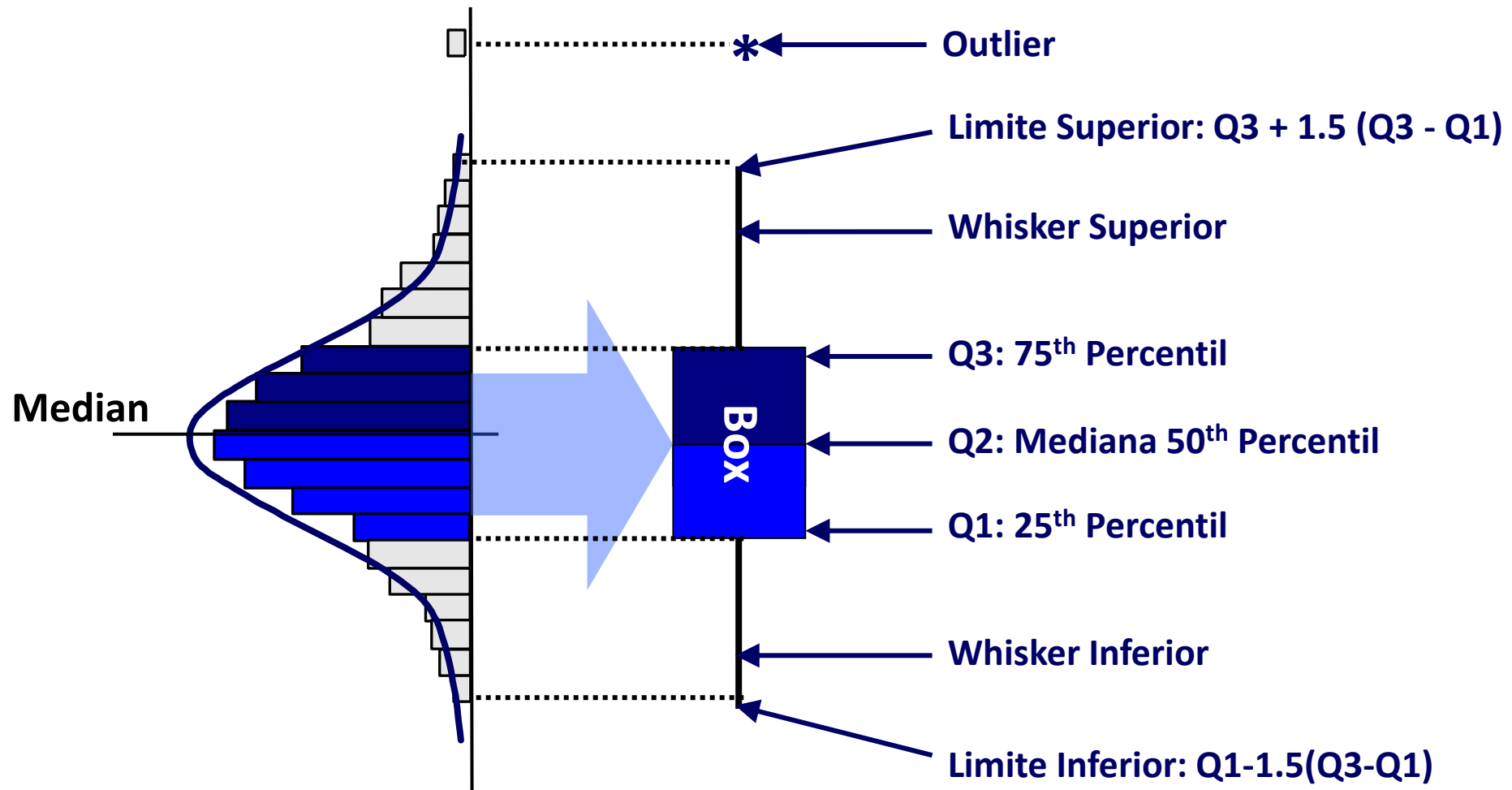
Statistics

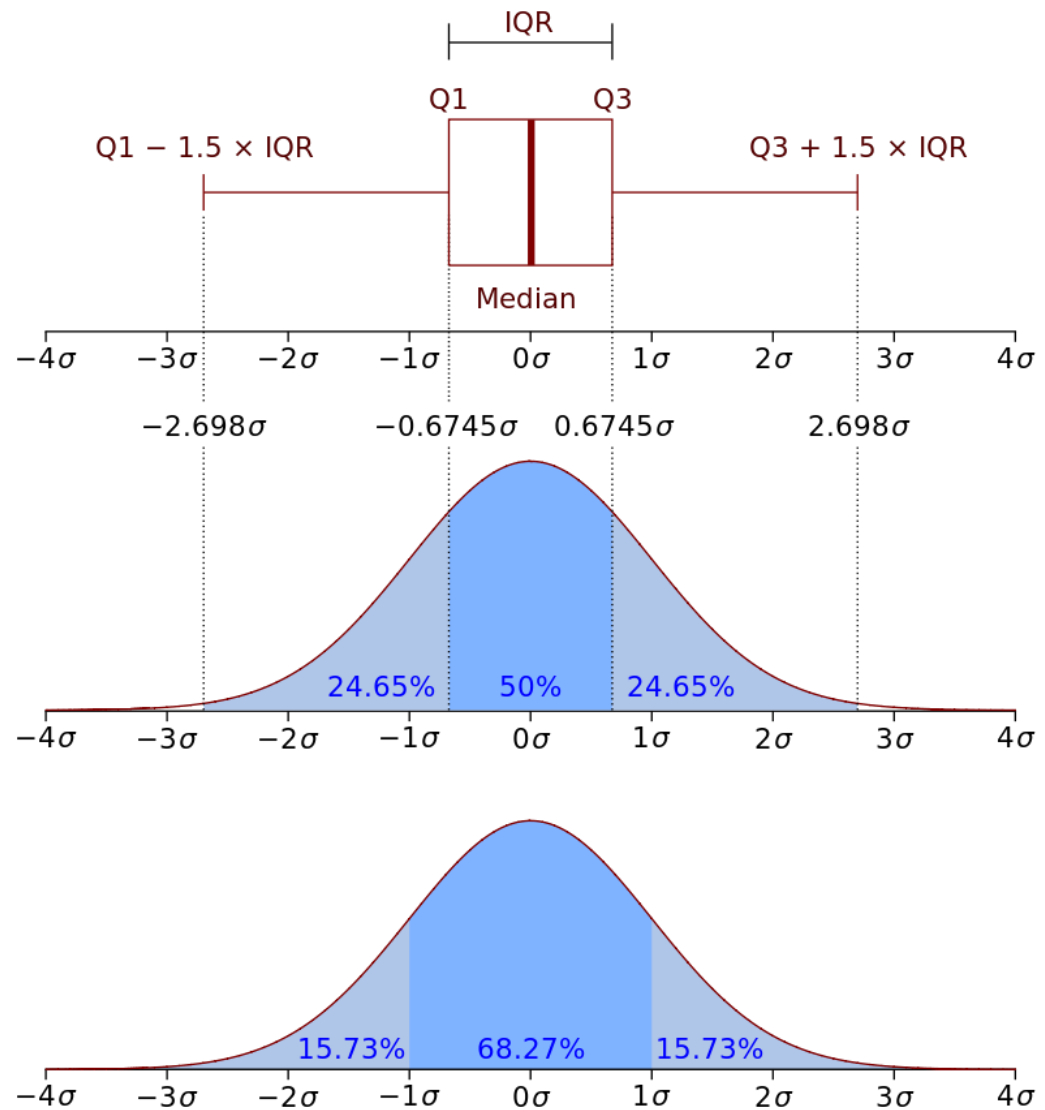
Variable	Operator	Mean	StDev	Q1	Median	Q3	Range	IQR
Bias	1	-0,000146	0,005499	-0,003450	0,000200	0,003425	0,023100	0,006875
	2	0,007400	0,003221	0,005700	0,007400	0,009900	0,013300	0,004200

Variable	Operator	Mode	N for Mode
Bias	1	-0,0022	3
	2	0,0013; 0,0054; 0,007; 0,0081	2

The data contain at least five mode values. Only the smallest four are shown.









Engenharia da Qualidade II



Considerações Finais

Resumo e Conclusões

Usando estatísticas descritivas e o **boxplot**, descobrimos que:.

- ✓ O Operador 1 aparentemente faz suas medidas com mais exatidão;
- ✓ O Operador 2 aparentemente faz suas medidas com mais precisão. Além disso, ele obtém medidas consistentes maiores que o padrão de 25mm.

Em uma etapa subsequente, deve-se investigar o processo usado pelos operadores para entender porque as medições do Operador 1 são menos precisas que as do Operador 2, e porque as medidas do Operador 2 são sistematicamente incorretas.



Engenharia da Qualidade II



Exemplo 2: Comparando Processos

Proposta

Análise comparativa de dois processos, usando estatísticas descritivas, **dotplot** e **gráfico seqüencial**.

Problema

Um Engenheiro da Qualidade está preocupado com as excessivas variações no tamanho da camada em um processo de aplicação de um revestimento de polímeros em uma lâmina. O Engenheiro acredita que esta variação seja o resultado de muitos ajustes que os operadores esteja fazendo na máquina. Para testar esta hipótese, o Engenheiro fez um simples experimento para comparar o desempenho do processo com e sem ajustes dos operadores.



Engenharia da Qualidade II



Dados Coletados

Durante três horas, o processo se manteve no atual procedimento em operação, isto é, os operadores inspecionaram o processo durante a produção, fazendo qualquer ajuste que julgaram necessário para manter o processo na meta (1,5mm). Posteriormente, o processo correu por três horas sem nenhum ajuste na máquina após a configuração inicial

Ferramentas

- Display Descriptive Statistics;
- Dotplot;
- Time Serie Plot;
- Calculator;
- Tally Individual Variables

Arquivo de Dados: ADJUST.MPJ

Variável	Descrição
Adjust	Espessura da camada em mm durante o processo com ajuste
NoAdjust	Espessura da camada em mm durante o processo sem ajuste



Engenharia da Qualidade II



Calculando as Estatísticas Descritivas

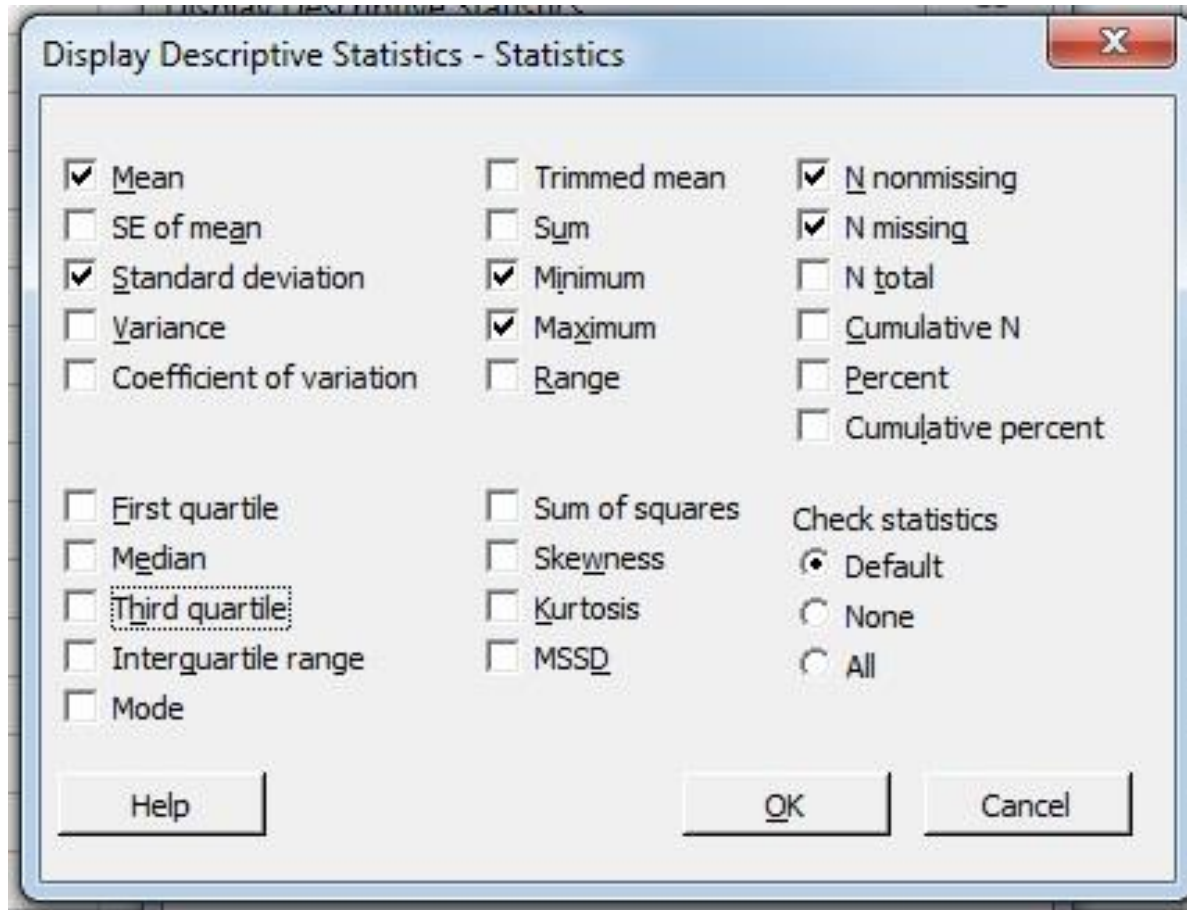
A meta da espessura da camada é de 1,5mm, e as especificações são de 1,485mm e 1,515mm.

Calcule a média amostral das medições de cada processo para determinar qual delas chega mais perto da meta.

Calcule o desvio-padrão amostral das medidas de cada processo para determinar qual deles tem a maior variação e comparar os processos com a tolerância, ou seja, com a amplitude do limite de especificação fornecido pelo cliente ($1,515 - 1,485 = 0,030\text{mm}$).

Efetuando os cálculos das estatísticas descritivas:

1. Selecione **Stat>Basic Statistics>Display Descriptive Statistics;**
2. Em **Variables**, digite **Adjust** e **NotAdjust**;
3. Clique em **Statistics**;
4. Complete a caixa de diálogo, como mostra a figura no próximo slide.



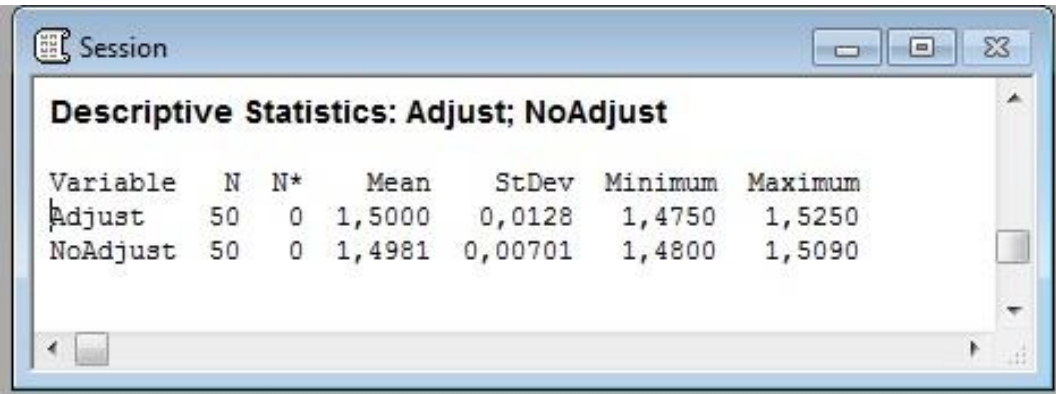
5. Clique em **Ok** em cada caixa

Interpretando os Resultados

Examine as **médias amostrais**, o desvio-padrão amostral e os valores de máximo e de mínimo. Os resultados nos indicam que:

➤ A média das mensurações do processo com ajuste está centrada no alvo (1,500mm), enquanto a média dos processos está apenas próximo do alvo. Contudo, o desvio-padrão do processo sem ajustes é menor e, logo, melhor do que o desvio-padrão do processo com ajustes;

➤ Os valores de máximo e de mínimo demonstram que em ambos os casos não se consegue atender o **Limite Inferior de Especificação** (1,485mm), porém o processo sem ajuste não apresenta valores superiores ao **Limite Superior de Especificação** (1,515mm).



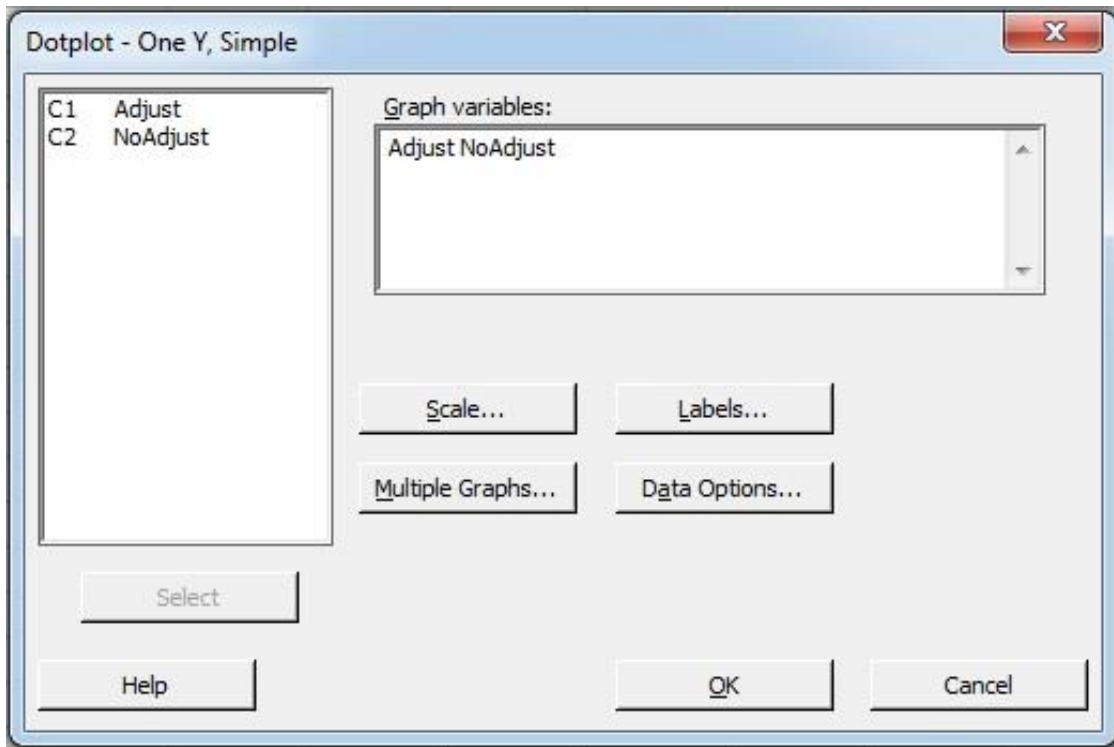
Session

Descriptive Statistics: Adjust; NoAdjust

Variable	N	N*	Mean	StDev	Minimum	Maximum
Adjust	50	0	1,5000	0,0128	1,4750	1,5250
NoAdjust	50	0	1,4981	0,00701	1,4800	1,5090

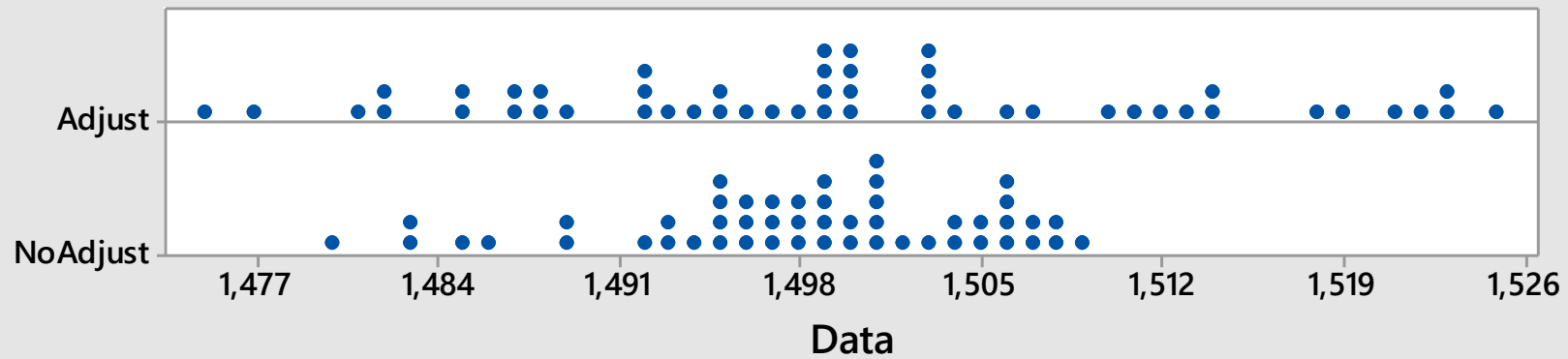
Criando Dotplot

Um **Dotplot** é similar a um histograma, com a exceção de que ele mostra um simples ponto para cada valor (ou para um grupo de dados semelhantes quando há varias observações).

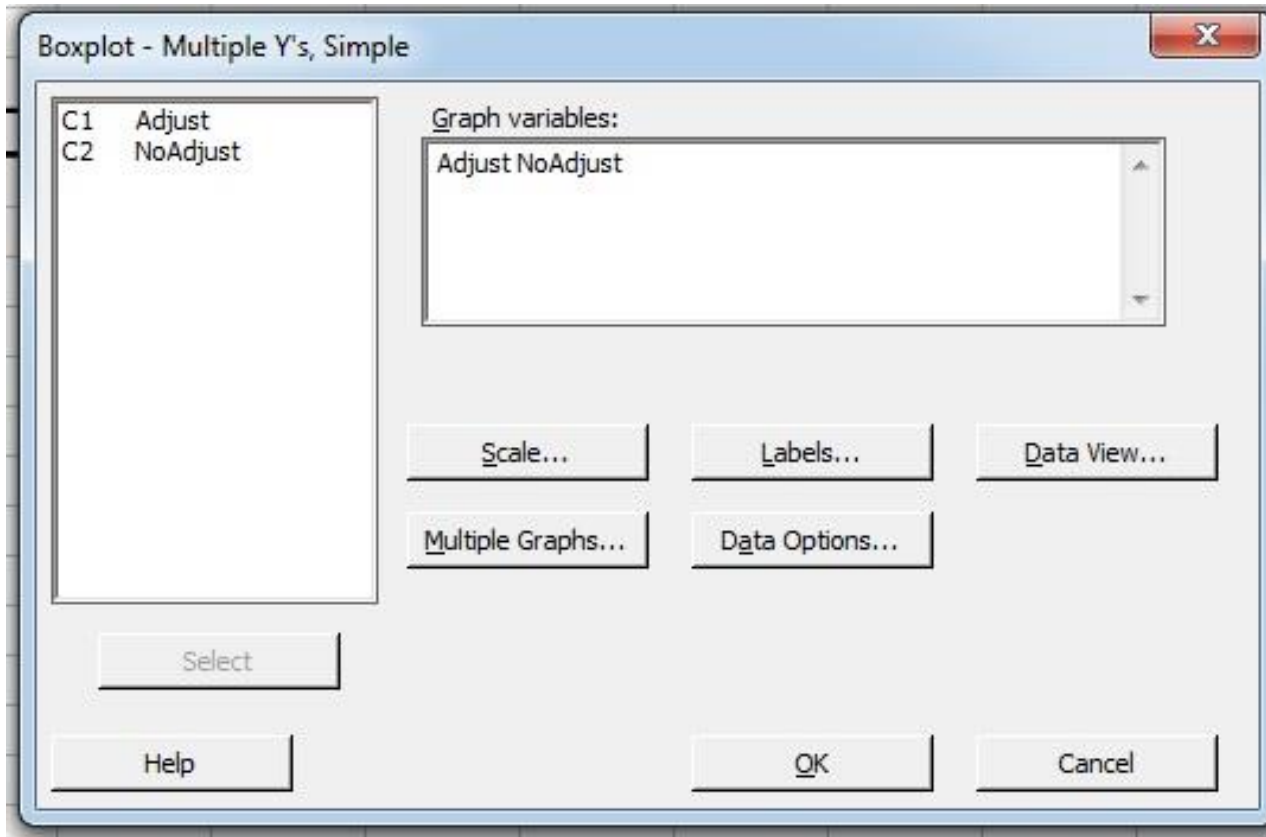


1. Abra **ADJUST.MPJ**;
2. Selecione **Graph>Dotplot**;
3. Abaixo de **Multiple Y's**, selecione **Simple**, então clique em **Ok**.
4. Complete a caixa de diálogo, como mostra a figura a seguir

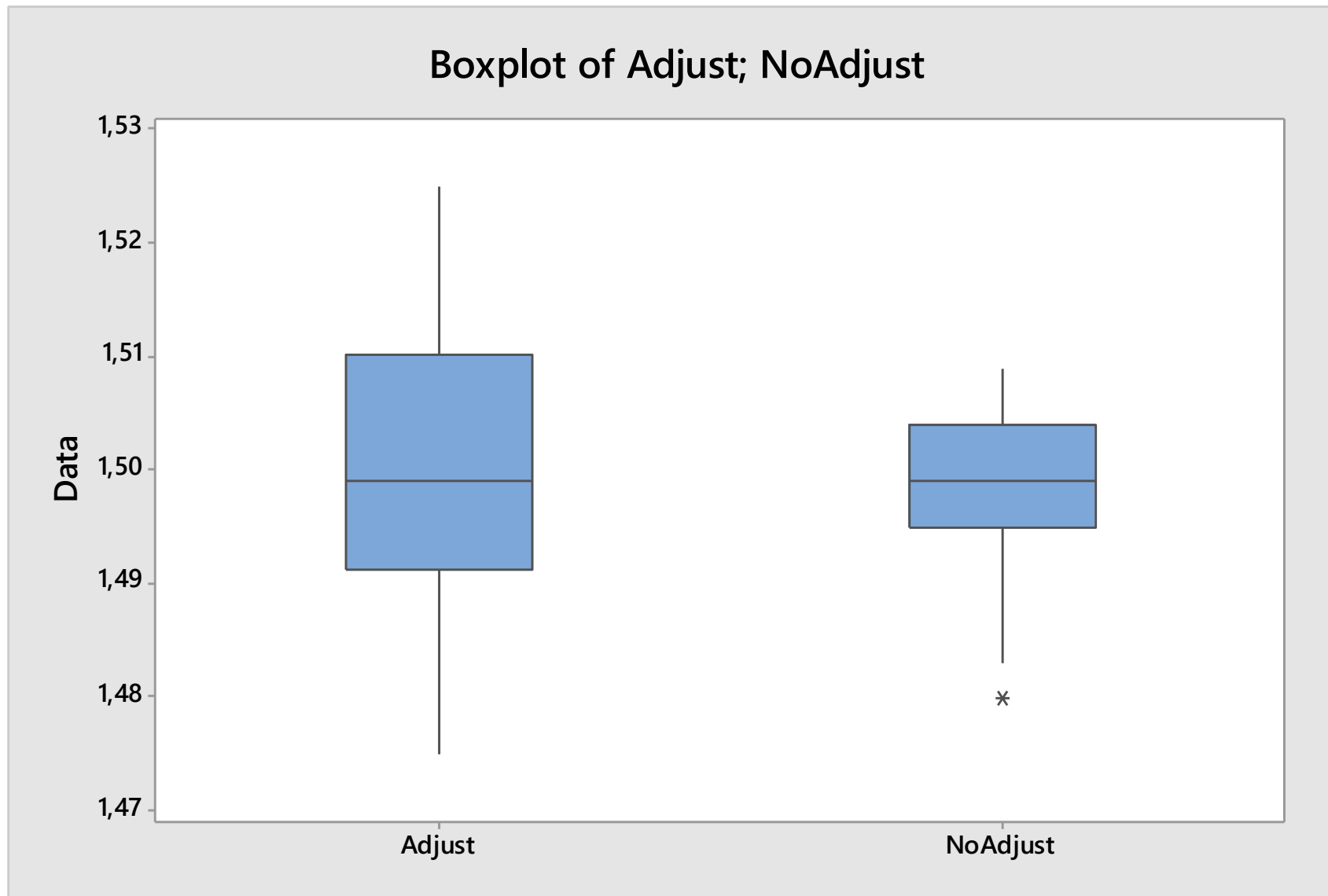
Dotplot of Adjust; NoAdjust



Criando Boxplot



1. Selecione **Graph>Boxplot**;
2. Abaixo de **Multiple Y's**, selecione **Simple**, então clique em **Ok**.
3. Complete a caixa de diálogo, como mostra a figura a seguir





Engenharia da Qualidade II



Interpretando os Gráficos

Os gráficos indicam que:

Ambos os processos estão centrados na meta 15mm;

Os dados do processo no qual os operadores efetuaram os ajustes estão muito mais espalhados do que os dados provenientes do processo sem ajustes, o que indica que o ajuste efetuado por muitos operadores resulta em uma maior variação dos resultados. Isto causa mais problemas ao invés de solucioná-los, visto que a melhoria do processo encontra-se na busca constante pela redução da variabilidade.

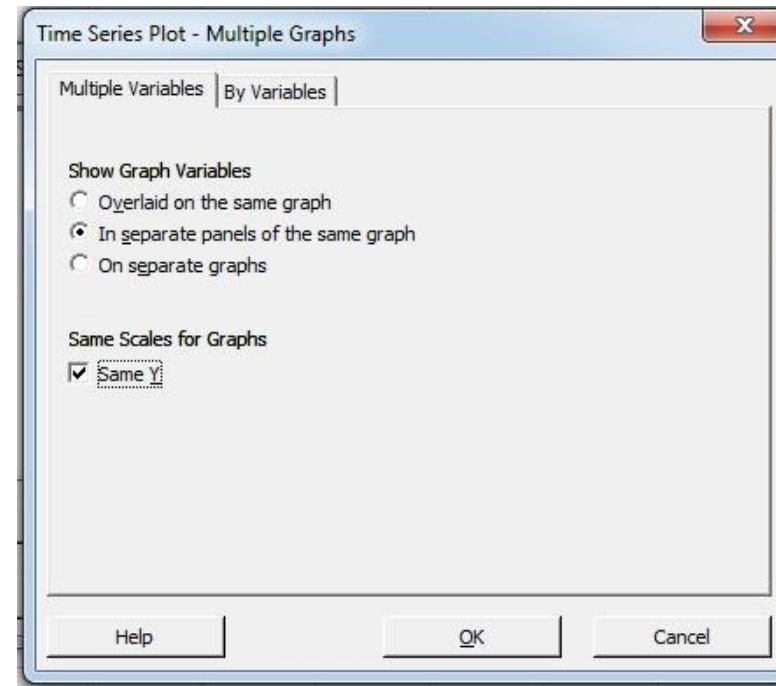
Criando Gráficos Seqüenciais

Devido ao fato dos dados serem provenientes de um processo que corre durante várias horas, devemos examinar os dados relativos ao tempo para revelar qualquer comportamento não aleatório que os dados apresentem ao longo do tempo. Estes padrões geralmente não aparecem em outros gráficos, como nos **boxplot** ou **dotplot**.

O **gráfico seqüencial** apresenta valores dos dados mensurados (no eixo-y) versus tempo (no eixo-x)

Gráfico Seqüencial

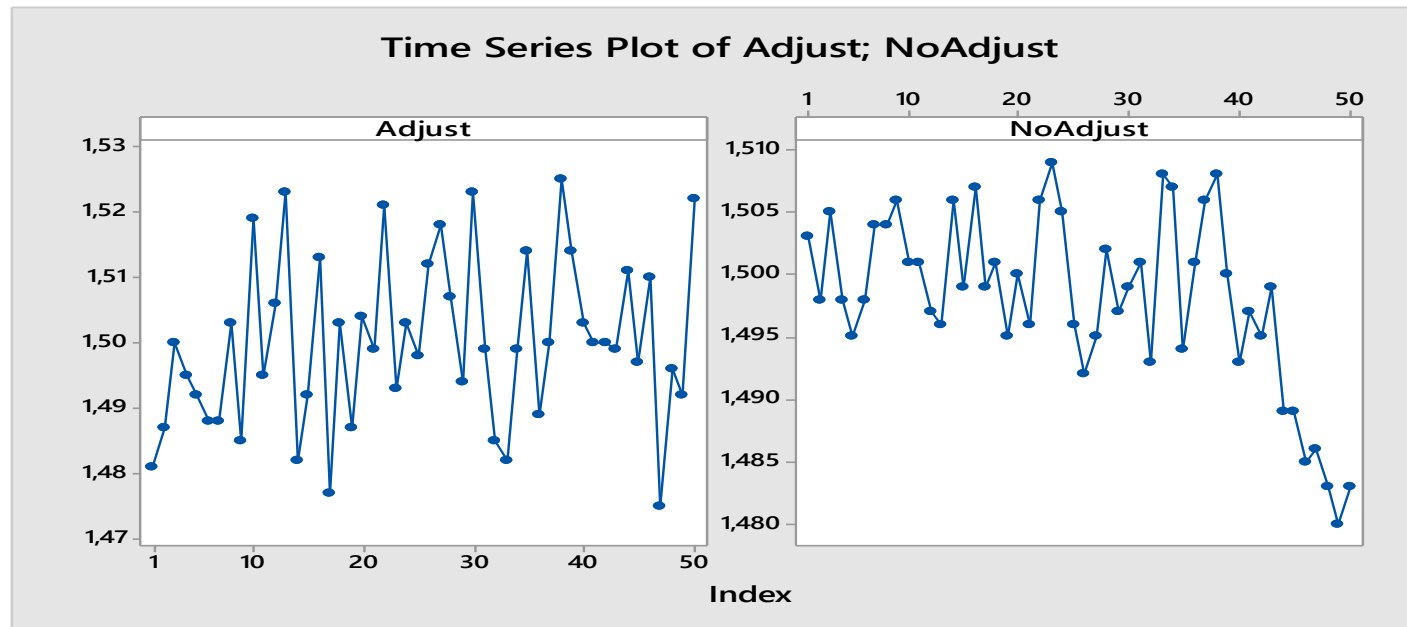
1. Selecione **Graph>Time Series Plot**;
2. Selecione **Simple**, então clique em **Ok**;
3. Em **Series**, entre com **Adjust** e **NotAdjust**;
4. Clique em **Multiple Graphs** e complete a caixa de diálogo como mostra a figura ao lado;
5. Clique em **Ok** em todas as caixas de diálogo.



Interpretando os Resultados

O gráfico seqüencial nos mostra que fazer ajustes no processo enquanto ele está ocorrendo resulta no aumento da variabilidade da espessura da camada.

No processo sem ajustes, uma lenta queda na espessura da camada começa aparecer após a quadragésima amostra. Esta queda pode indicar que, embora os ajustes feitos pelos operadores aumentam as variações do processo, inspeções periódicas podem ser necessárias para assegurar que o processo não esteja ficando muito longe da meta.





Engenharia da Qualidade II



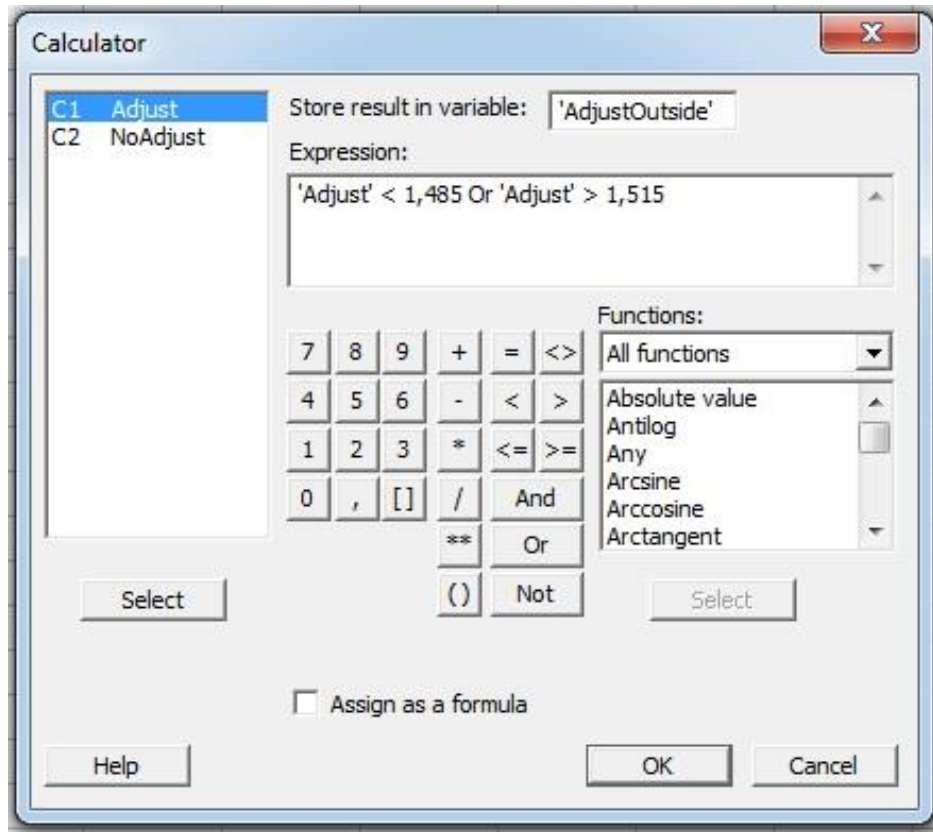
Proporção de Medidas Fora da Especificação

Outra estatística útil é a proporção de medidas fora dos limites de especificação. O Limite Inferior de Especificação é de 1,485mm, enquanto o Limite Superior de Especificação é de 1,515mm.

Para calcular esta proporção, utilizamos a calculadora do Minitab para criar duas colunas, uma para cada processo, indicando quais os itens que estão fora da especificação. O Minitab identifica as linhas nas quais a expressão não esta satisfeita com um 0 (zero). Neste exemplo, as medidas fora dos limites com um número 1 (um) e as medidas dentro dos limites são identificadas com o número 0 (zero).

O Minitab guarda os resultados na próxima coluna disponível, usando o nome especificado na caixa de diálogo.

Proporção de Medidas Fora da Especificação

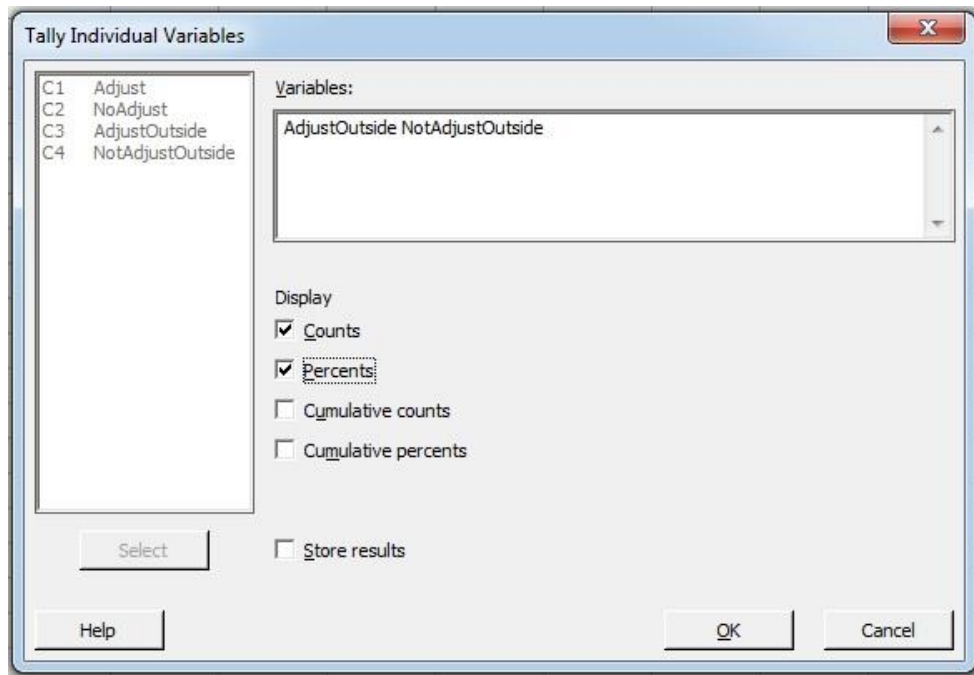


Calculadora

1. Selecione **Calc>Calculator**;
2. Complete a caixa de diálogo como mostra a figura ao lado
3. Clique em **Ok**;
4. Repita os passos de 1 a 3 para **NotAdjust**, guardando os resultados em **NotAdjustOutside**.

Proporção de Medidas Fora da Especificação

Usando as novas colunas criadas com o Calculator, podemos utilizar o Tally Individual Variables para calcular as freqüências e as porcentagens de medidas que estão dentro ou fora dos limites de especificação. O Minitab conta a quantidade de 0 (zeros) e de 1 (uns) em cada uma das colunas e então calcula a proporção de medidas.



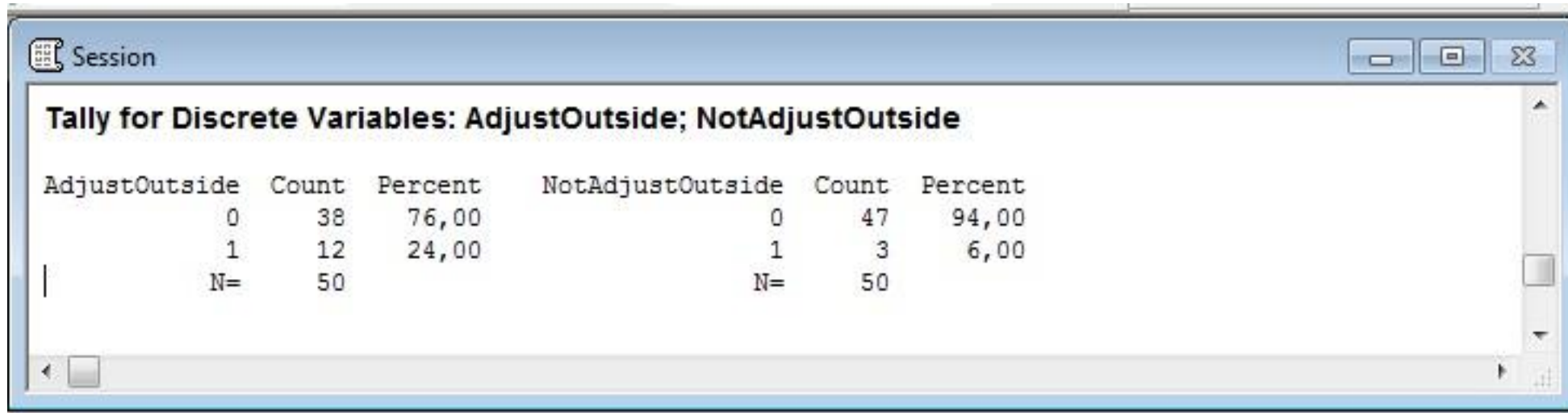
Tally Individual Variables

1. Selecione **Stat>Tables>Tally Individual Variables**;
2. Complete a caixa de diálogo como mostra a figura ao lado;
3. Clique em **Ok**.

Interpretando os Resultados

Os resultados indicam que:

- Para o processo com ajustes, 12 medidas (24%) estão fora dos limites de especificação;
- Para o processo sem ajustes, somente 3 medidas (6%) estão fora dos limites de especificação. Lembre-se que essas medições são aquelas medidas no final do processo (gráfico seqüencial).



AdjustOutside	Count	Percent	NotAdjustOutside	Count	Percent
0	38	76,00	0	47	94,00
1	12	24,00	1	3	6,00
N=	50		N=	50	



Engenharia da Qualidade II



Exemplo 3: Torque de remoção da tampa

Proposta

Análise de dados por meio de histogramas e sumário gráfico.

Problema

Um engenheiro de controle da qualidade precisa assegurar que as tampas em frascos de shampoo sejam fixadas corretamente. Se as tampas forem insuficientemente apertadas, elas poderão se soltar durante o transporte. Se forem excessivamente apertadas, poderão ser difíceis de remover. O valor ideal do torque para fixar as tampas é 18.



Engenharia da Qualidade II



Dados Coletados

Por aproximadamente 2 meses, os administradores marcaram o tempo (arredondado) que os pacientes gastaram para serem atendidos pelo médico e o período do dia no qual a consulta aconteceu (de manhã ou de tarde).

Ferramentas

- Histogram
- Graphical Summary

Arquivo de Dados: TorqueTampa.MPJ

Variável	Descrição
Torque	O torque necessário para remover a tampa
Máquina	A máquina que apertou a tampa: 1 ou 2



Engenharia da Qualidade II

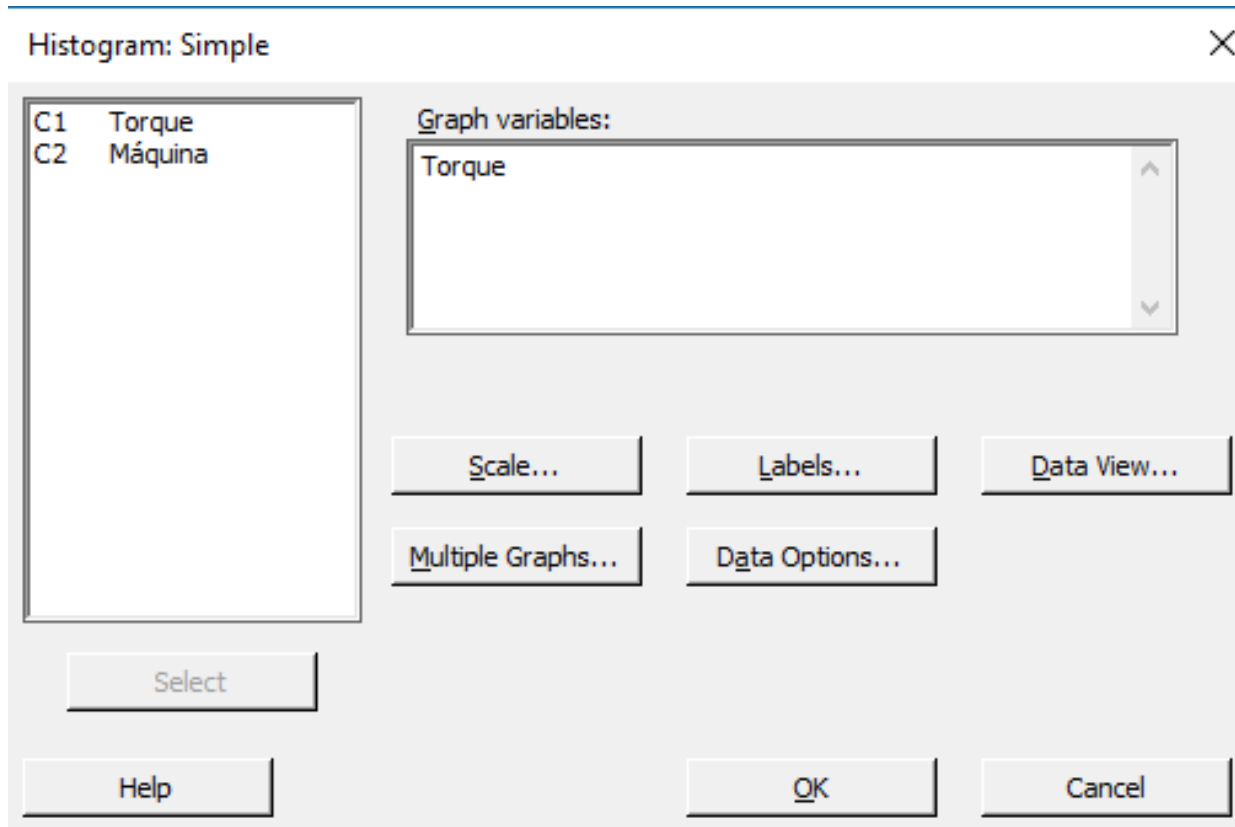


Criando um Histograma

Os Histogramas dividem os valores das amostras em vários intervalos. As barras representam o número de itens observados em cada intervalo (a freqüência do intervalo). O Histograma é uma boa forma de avaliar o centro e a forma de distribuição dos dados, desde que um número apropriado de observações esteja disponível. Se a amostra contiver poucos dados, a forma do histograma pode não apresentar corretamente a distribuição da população.

Histograma

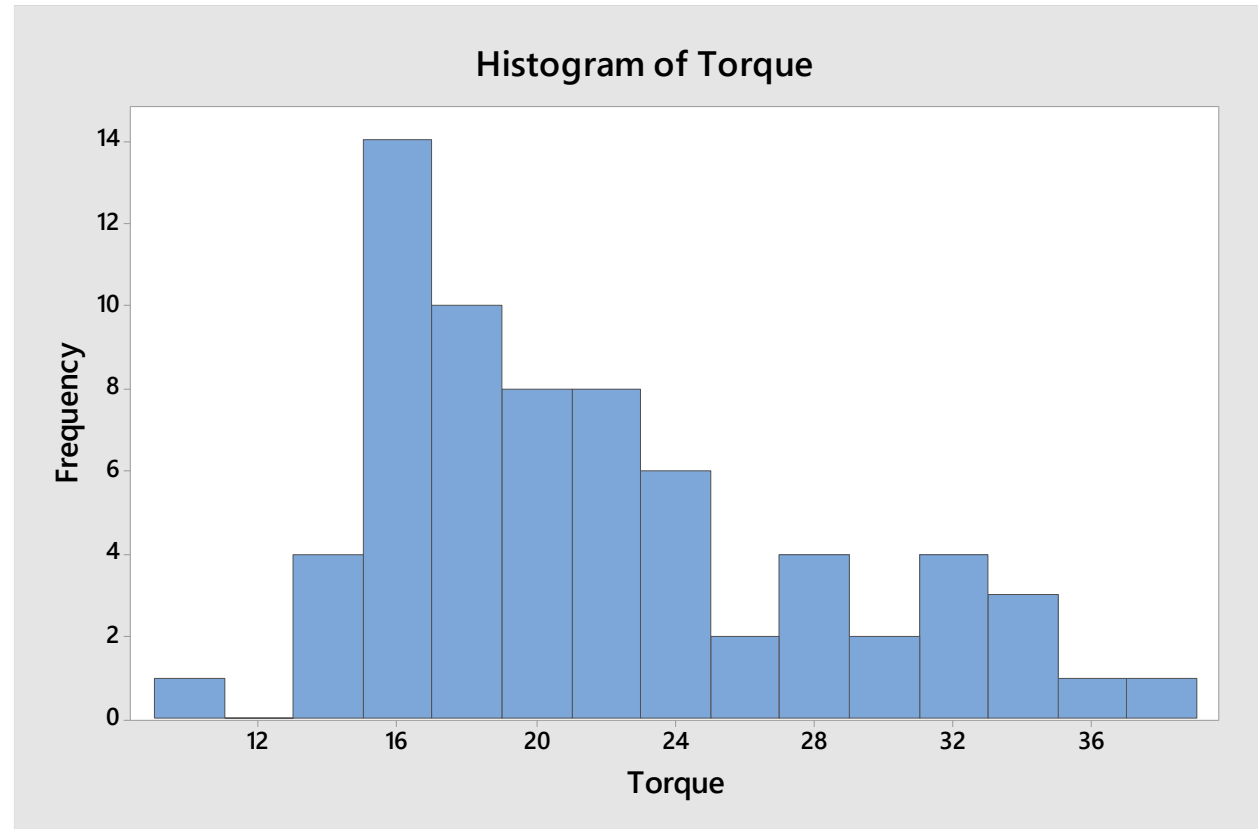
1. Selecione **Graph>Histogram**;
2. Selecione **Simple** e clique em **OK**.
3. Complete a caixa de diálogo, como mostra a figura a seguir



4. Clique em **Ok**;

O Histograma para o torque necessário para abertura da tampa nos indica que a distribuição de dados é assimétrica, e os dados se concentram mais na região esquerda do gráfico.

Entretanto, neste histograma não é possível estratificar os dados de forma a observar a influência de cada máquina no processo.

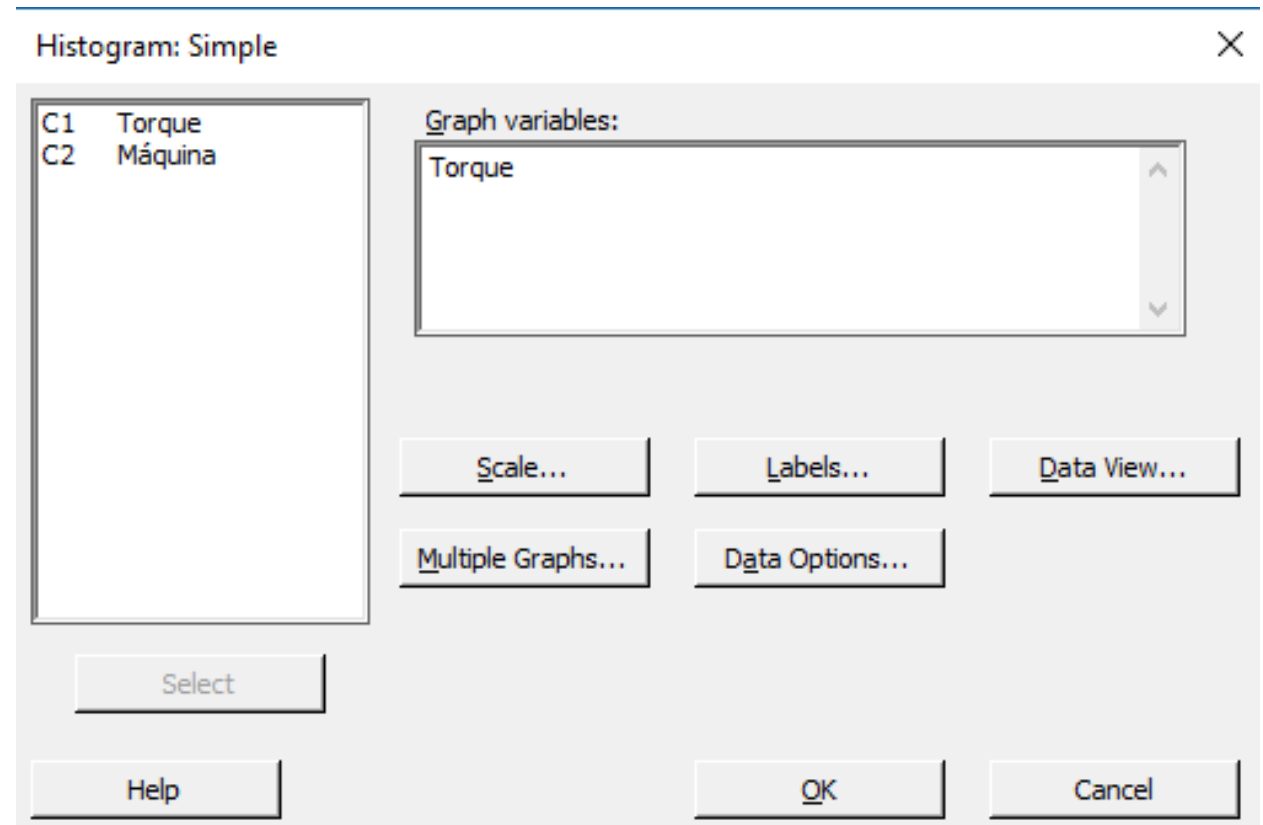


Estratificando os dados no Histograma

Agora desejamos comparar o torque necessário para abrir as tampas oriundas da máquina 1 e da máquina 2. Use o comando **By variable** para que o Minitab possa emitir um histograma para comparar os dados de acordo com a máquina em que foram coletados.

Histograma

1. Selecione **Graph>Histogram**;
2. Selecione **Simple** e clique em **OK**.
3. Complete a caixa de diálogo, como mostra a figura a seguir.
4. Clique no botão **Multiple Graphs**.
5. Clique na aba **By Variables**.
6. Complete a caixa de diálogo, como mostra a figura a seguir



Histogram: Multiple Graphs ×

Multiple Variables **By Variables**

C1	Torque
C2	Máquina

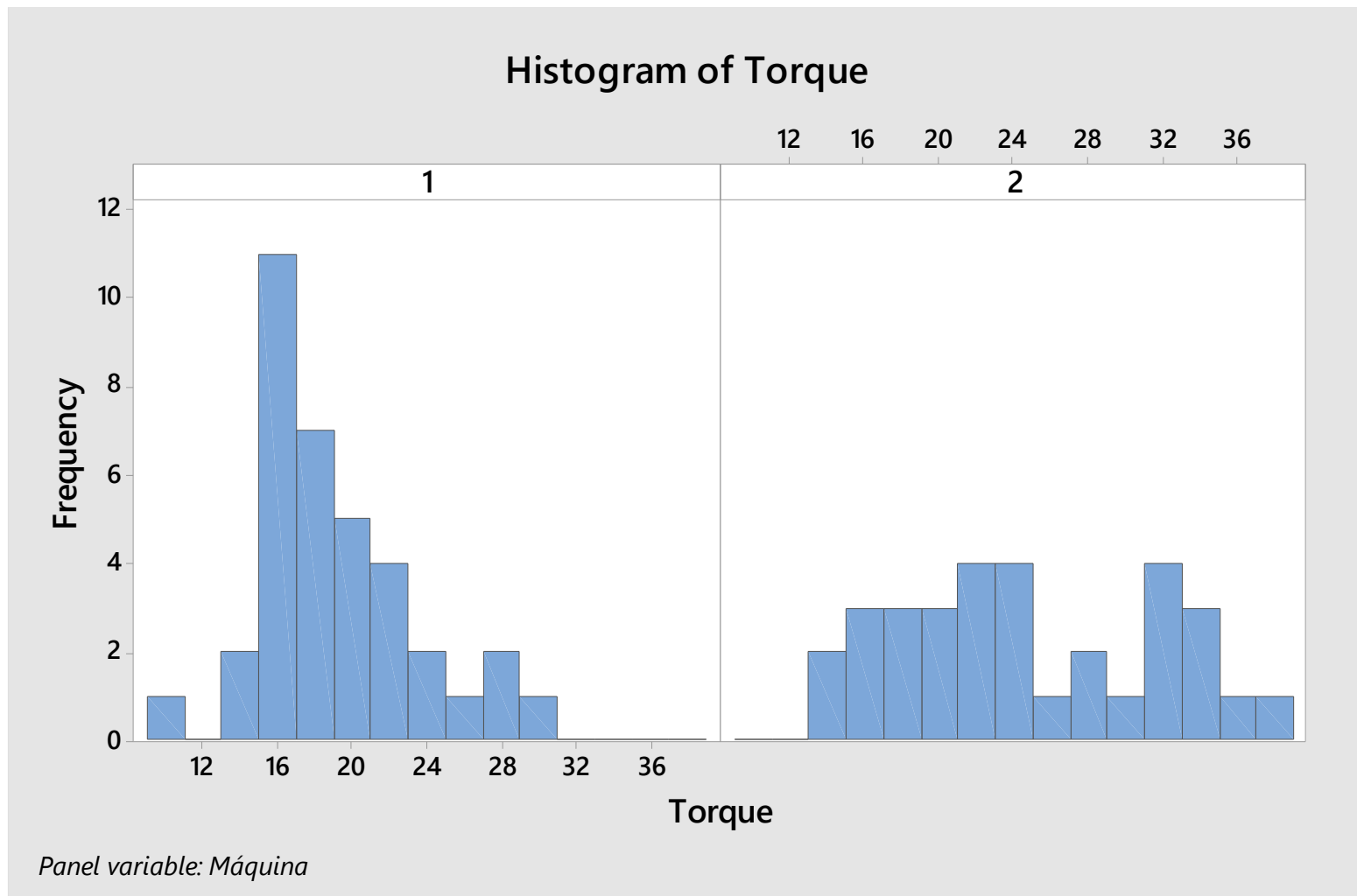
By variables with groups in separate panels:
Máquina

By variables with groups on separate graphs:

Select

Help OK Cancel

7. Clique em **Ok**; em todas as caixas de diálogo



Pode-se observar, depois da estratificação que o comportamento das máquina é diferente, e que possivelmente esta é a causa da alta variabilidade do processo.