

Dúvidas gerais	4
Acesso e acompanhamento do Curso	4
> Dúvidas Frequentes - EDTI Go Black	4
1. Qual o prazo para emissão do certificado	4
2. O que preciso fazer para obter a emissão do meu certificado ?	4
3. Meu certificado não foi emitido, o que fazer ?	4
4. Posso realizar a prova novamente em caso de reprovação ?	5
5. Posso realizar a prova do projeto novamente em caso de reprovação ?	5
6. É possível esclarecer dúvidas com os instrutores EAD ?	5
7. Como funciona a recorrência de pagamento ?	5
8. Os certificados possuem acreditação internacional ?	5
> Não consigo acessar a plataforma	6
> Quanto tempo tenho de acesso ao curso?	6
> Como recebo meu certificado? Como imprimo meu certificado?	7
> Meus vídeos não aparecem! Como faço para resolver?	7
> Prepare-se para o curso de Black Belt Presencial	8
Avaliações e Projetos	9
> Quanto tempo tenho para entregar a prova e o projeto?	9
> Como anexo meu projeto na plataforma EAD?	9
> Como realizo a prova final?	9
Arquivos e Programas	10
> Como baixar a “pasta alunos”?	10
> Como acessar os arquivos de exercícios e de projeto	12
> Como instalar o Minitab no computador	13
> Consigo instalar o Minitab em meu Macbook?	19
PROCESSADOR INTEL:	19
Instalando máquina virtual de Windows 11 em MacOS Apple Silicon (Processadores Apple M1, M2, M3)	20
Minitab e Análises Estatísticas	37
Regressão Linear	37
> Como interpretar os resultados da Análise de Regressão	37
Gráficos Descritivos	38
> Diagrama de Causa e Efeito	38
> Gráfico de Dot Plot no Minitab	40
> Gráfico de Box Plot no Minitab	44
Estatísticas Descritivas	49
> Cálculo dos Quartis	49
> Sumário Gráfico no Minitab	51
> Estatísticas descritivas no Minitab	53
ANOVA & Teste de Hipóteses	55
> Como fazer uma ANOVA de comparação de médias no Minitab?	55

➤ Como fazer uma ANOVA de comparação de variâncias no Minitab?	60
MSA	64
➤ Análise R&R no Minitab	64
➤ Como analisar o gráfico e relatório de análise R&R?	67
➤ Análise de viés no Minitab	70
➤ Como analisar o gráfico de viés?	72
Gráfico de Pareto	74
➤ Gráfico de Pareto - Definição	74
➤ Gráfico de Pareto - Exemplo	78
Diagrama de Dispersão	80
➤ Diagrama de Dispersão - Definição	80
➤ Diagrama de Dispersão - Exemplo Simples	83
DOE	87
➤ DOE - Definição	87
➤ DOE - Análise e Interpretações Gráficas	89
➤ DOE - Exemplo de Planejamento Fatorial Completo	91
➤ DOE - Exemplo de Planejamento Fatorial Fracionado	99
Capabilidade	107
➤ Capabilidade no Minitab - Variáveis contínuas	107
➤ Critérios para analisar a Capabilidade	111
Gráfico de Controle	112
➤ Como calcular os limites de controle dos gráficos de controle	112
➤ Gráfico P no Minitab - Variáveis de classificação	114
Analisando o gráfico de controle	117
➤ Gráfico U no Minitab - Variáveis de contagem	118
Analisando o gráfico de controle	121
➤ Estratificando um gráfico de controle no Minitab	121
Continuação - Analisando os gráficos	124
Pré-inscrição e Certificações	125
Cursos EAD, assinaturas e presenciais	125
➤ Há diferenças entre os cursos presenciais e EAD?	125
➤ A EDTI possui Certificação Master Black Belt?	126
➤ Assinatura - EDTI GO Black	127
➤ Assinatura - EDTI GO	127
➤ Assinatura - Extensão de prazo	127
Cancelamento de assinaturas	128
➤ Cancelamento das assinaturas e Extensão de prazo	128
Cursos - Dúvidas gerais	128
➤ Posso pular o curso de Green Belt e realizar o curso de Black Belt direto?	128
➤ Qual o curso mais indicado para mim?	129
Conheça melhor nossos cursos Lean Six Sigma:	129
Yellow Belt:	130

Green Belt:	130
Black Belt:	130
➤ Qual a diferença entre os cursos Green Belt e Black Belt?	130
➤ Consigo colocar minha certificação como PDU no PMI?	131
➤ O certificado emitido pela Escola EDTI tem validade internacional?	131

Dúvidas gerais

Acesso e acompanhamento do Curso

➤ Dúvidas Frequentes - EDTI Go Black

1. Qual o prazo para emissão do certificado

Os certificados são emitidos automaticamente pela plataforma, quando o curso atingir 100% de progresso e o aluno estiver aprovado em todas as avaliações (provas e projetos, quando houver). Estará disponível na plataforma na aba "Meus Certificados".

2. O que preciso fazer para obter a emissão do meu certificado ?

- Ter visualizado todas as aulas do curso;
- Ser aprovado em todas as atividades, projetos e provas dos cursos realizados;
- Estar com status ativo na assinatura;
- O curso atingir 100% de progresso

Após concluir todos os requisitos, seu certificado será emitido e ficará disponível na aba "Meus certificados".

Caso não encontre seu certificado nesta aba, [entre em contato conosco](#).

3. Meu certificado não foi emitido, o que fazer ?

Verificar se foi realizado todos os requisitos para ser aprovado no curso (citados no item 2 acima);

Caso todos os requisitos tenham sido cumpridos e mesmo assim o certificado não esteja disponível, pode entrar em contato através dos nossos canais de atendimento com o setor de Sucesso do Cliente para verificar o que ocorreu no processo de emissão.

E-mail: cursos@edti.com.br

Formulário de dúvidas: <https://mkt.escolaedti.com.br/duvidas>

4. Posso realizar a prova novamente em caso de reprovação ?

Sim, você pode realizar a prova novamente. Para solicitar a nova tentativa, deve entrar em contato com o setor de Sucesso do Cliente, através dos canais abaixo, para que um de nossos consultores disponibilize uma nova tentativa.

E-mail: cursos@edti.com.br

Formulário de dúvidas: <https://mkt.escolaedti.com.br/duvidas>

5. Posso realizar a prova do projeto novamente em caso de reprovação ?

Sim, você pode realizar a prova do projeto novamente, caso não seja aprovado.

Para solicitar a nova tentativa, deve entrar em contato com o setor de Sucesso do Cliente, através dos canais abaixo, para que um de nossos consultores disponibilize uma nova tentativa.

E-mail: cursos@edti.com.br

Formulário de dúvidas: <https://mkt.escolaedti.com.br/duvidas>

6. É possível esclarecer dúvidas com os instrutores EAD ?

Sim, é possível esclarecer dúvidas em um de nossos consultores Black Belts, através de alguns canais:

- **E-mail:** Todos os alunos podem tirar dúvidas através do e-mail cursos@edti.com.br. As dúvidas e solicitações normalmente são respondidas em até 24 horas úteis.

7. Como funciona a recorrência de pagamento ?

A assinatura EDTI GO Black é de recorrência mensal, adquirida e cancelada pelo próprio aluno. Sendo uma assinatura mensal, a cobrança ocorre 1 vez por mês, na mesma data de contratação original.

8. Os certificados possuem acreditação internacional ?

Sim, somos acreditados pela The Council For Six Sigma Certification.

A acreditação tem o intuito de demonstrar a capacidade da instituição em atender aos requisitos e padrões regulamentares estabelecidos por uma organização de acreditação reconhecida.

Para consultar e comprovar a nossa acreditação, [clique aqui](#).

➤ **Não consigo acessar a plataforma**

Esta é a primeira vez que tenta realizar o login e não está conseguindo acessar a plataforma? Ou já é nosso aluno e não se lembra da senha cadastrada? Não se preocupe, vamos te ajudar!

Ao adquirir o curso na modalidade EAD, nós realizamos o seu cadastro na plataforma, onde está localizado todo o conteúdo. Você deve **receber um e-mail** para finalizar seu cadastro. O e-mail vai através do seguinte remete: mail@eadplataforma.app

*Caso não encontre este e-mail na sua caixa de entrada, solicitamos que verifique a caixa de **spam!***

Prontinho! Agora é só aproveitar todo o conteúdo disponível :D

Caso você já seja nosso aluno e não esteja conseguindo acessar, você pode acessar o site da nossa plataforma [Escola EDTI](#) e clicar no botão “Esqueci minha senha” e definir uma senha, mesmo que não tenha nenhuma senha salva.

Inclusive, essa estratégia funciona também caso você não tenha recebido o email para finalizar seu cadastro, mas tiver finalizado sua compra 😊

Ainda assim não conseguiu acessar a plataforma? [Entre em contato conosco!](#)

➤ **Quanto tempo tenho de acesso ao curso?**

Para os cursos avulsos, são 90 dias corridos, mas recomendamos que o aluno entre no seu login e confira a data exata de término do curso, pois o tempo começa a contar a partir do momento da matrícula.

Isso é feito da seguinte forma:

- 1 - Faça **login** em sua conta.
- 2 - Após realizar o login, clique em “Meus cursos”.

3 - No curso, haverá a data de acesso.

➤ **Como recebo meu certificado? Como imprimo meu certificado?**

Os certificados são emitidos automaticamente pela plataforma, quando o curso atingir 100% de progresso, o aluno for aprovado em todas as avaliações (provas e projetos, quando houver) e estiver com o plano de assinatura ativo.

O certificado emitido estará disponível na plataforma na aba “Meus cursos” e, após, "Meus Certificados".

Os certificados emitidos pela [Escola EDTI](#) são em formato digital! O fato dos certificados serem digitais facilita o acesso do aluno e o das empresas, bem como a divulgação da certificação em redes sociais e para envios. Além de ser uma alternativa que colabora com a preservação do meio ambiente! 😊

Caso seja necessário a impressão, o aluno deve utilizar as seguintes configurações:

- Papel Majorca 250 gramas;
- Tamanho A4;
- Impressão à laser colorida;
- Impressão frente e verso.

➤ **Meus vídeos não aparecem! Como faço para resolver?**

Alguns alunos reportam ter problemas ao visualizar as vídeo aulas dos cursos. Existem algumas possibilidades para a ocorrência desse tipo de erro:

- Você está utilizando uma rede privada que bloqueia o acesso aos vídeos.

Isso é muito comum quando é utilizado computadores ou redes de internet em empresas. Veja com o departamento de TI se é possível a liberação da atualização dos vídeos.

- Instabilidade de conexão.

Verifique sua conexão com a internet. A internet pode estar um pouco lenta por algum motivo e isto atrapalha o carregamento dos vídeos.

- Bloqueio do servidor.

Algum programa instalado no seu dispositivo pode estar bloqueando o servidor onde estão armazenados nossos vídeos. Se possível, tente acessar de outro dispositivo e verificar se o problema persiste.

Se mesmo assim não funcionar, você pode tentar esse passo a passo:

1. Abra o Google Chrome
2. Clique nos três pontos no canto superior direito
3. Clique em configurações
4. Clique em Sistema
5. Clique em: “Abre as configurações de proxy do computador”
6. Certifique-se de que ‘Detectar configurações automaticamente’ está marcada
7. Certifique-se de que ‘usar um servidor proxy’ não está marcada
8. Feche o Chrome e abra-o novamente

Caso os problemas persistam, [entre em contato com nosso suporte!](#)

➤ **Prepare-se para o curso de Black Belt Presencial**

Se você não realizou o curso de **Green Belt** na EDTI deve realizar, obrigatoriamente, o **nivelamento** antes do início do seu curso presencial! Isso porque o curso **Black Belt presencial** exige um conhecimento prévio das principais ferramentas do Seis Sigma vistas no curso de **Green Belt**.

O nivelamento é realizado na plataforma EAD dentro do curso de **Green Belt**. O acesso ao **Green Belt EAD** é liberado assim que a turma é confirmada. É necessário que o aluno estude o curso até a etapa **Measure** e faça nosso **Simulado de Meio de Curso** antes do início das aulas!

Obs: A lista de exercícios não é obrigatória e não precisa ser entregue. Todos os exercícios fazem parte da apostila de exercícios e tem solução no gabarito da mesma.

Obs 2: A prova dos cursos não contém questões que demandam conhecimentos no Minitab.

Atenção: Não deixe a preparação para a última hora! Reserve pelo menos 5 horas para realizá-la de maneira adequada. Tire dúvidas junto aos nossos consultores e venha preparado para o curso de Black Belt!

Avaliações e Projetos

➤ Quanto tempo tenho para entregar a prova e o projeto?

O tempo para as opções EAD, presencial e transmitida variam.

- No caso do [EAD](#) o tempo total do curso ativo é de **90 dias** e deve ser gerenciado pelo aluno, pois o projeto e a prova devem ser realizados dentro desse prazo.
- Para as presenciais e transmitidas [Green](#) e [Black](#) o prazo é de 21 dias, após o último dia de aula, tanto para a prova quanto para o projeto.

➤ Como anexo meu projeto na plataforma EAD?

Alguns cursos da Escola EDTI possuem um projeto simulado como parte da certificação, são eles: Green Belt, Black Belt e Especialista Lean).

Para esses cursos, o projeto é de realização obrigatória, mas não é necessário a submissão do arquivo. A avaliação dos projetos é realizada através das “Provas do projeto”, onde o aluno utilizará o projeto realizado para responder às questões disponíveis.

➤ Como realizo a prova final?

Para a conclusão da certificação dos cursos da Escola EDTI, todos os alunos devem realizar a prova.

A prova dos cursos não contém questões que demandam conhecimentos no Minitab.

Para isso, basta seguir os seguintes passos:

- 1 - Entre na sua área logada;

2 - O último item da lista de módulos será a prova final, com o nome: “*Prova de certificação (Nome do curso)*”.

3 - Após clicar, você será direcionado para a página da prova. Irá aparecer as instruções e o botão para iniciar e um ciente das orientações;

4 - Após responder todas as questões, clique em “*Enviar respostas*” (este botão estará habilitado somente após o aluno responder todas as perguntas da prova).

6 - Após o processamento das informações, você poderá visualizar o seu desempenho na prova.

Caso seja necessário refazer, você pode iniciar uma nova tentativa =)

Arquivos e Programas

➤ Como baixar a “pasta alunos”?

A **Pasta Alunos** contém todo o material necessário para a realização do curso. Nesta pasta você encontrará a apostila teórica, apostila de exercícios, o instalador do Minitab, o gabarito dos exercícios, os arquivos dos exercícios da apostila de exercícios, bem como todos os arquivos do projeto final - Mid State, que faz parte da avaliação final do aluno.

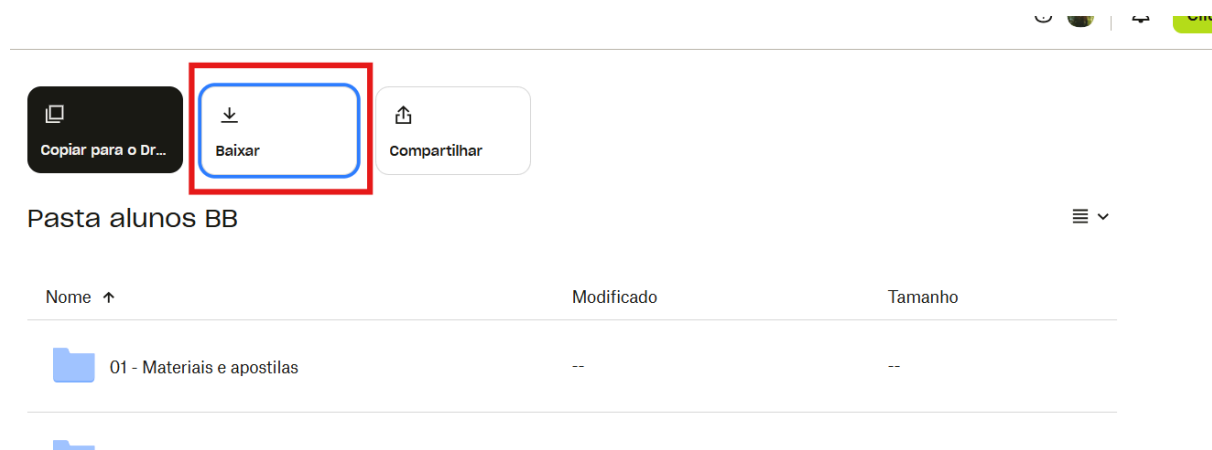
Para baixar a **Pasta Alunos**, siga os passos a seguir:

1 - Faça seu [login na plataforma EAD](#) e acesse seu curso.

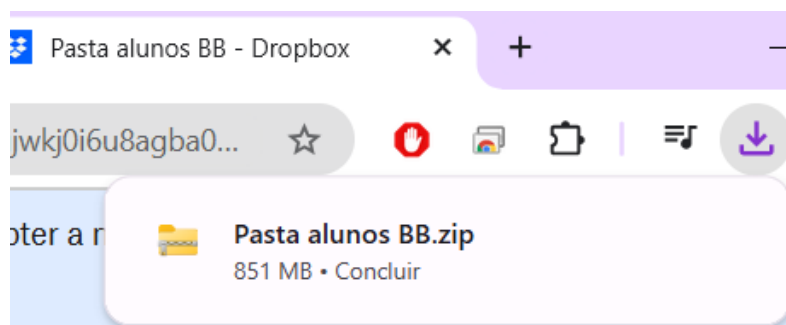
2 - Na página inicial de seu curso, terá o Módulo “*Manual do aluno*”, clique na primeira aula “*Manual do Aluno*” para acessar o PDF.

3 - Clique no link disponível na página 5 para acessar a pasta do aluno no Dropbox, ou abaixo na aula, na aba “Arquivos” e baixar diretamente a pasta em ZIP, com todo o conteúdo.

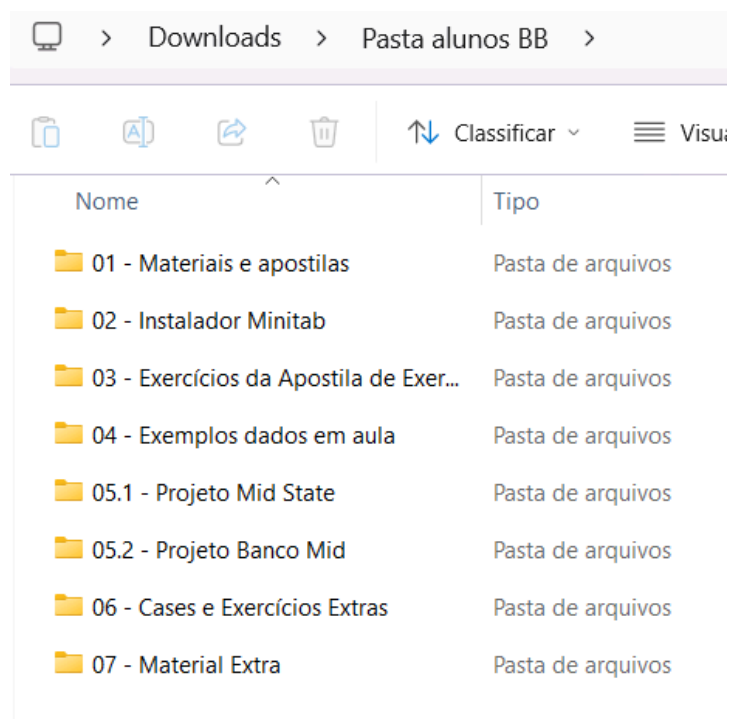
4 - No Dropbox, no começo da página, clique em: “*Baixar*” .



Aguarde o download concluir



Clicando na pasta para abrir você poderá ver todo o conteúdo



Agora, a pasta do aluno está em seu computador, com todos os arquivos necessários para você concluir seu curso com tranquilidade. Caso não deseje baixá-la, é só acessar online pelo Dropbox. Porém, para acessar os arquivos do Minitab, é necessário baixá-los.

➤ **Como acessar os arquivos de exercícios e de projeto**

Você poderá acessar os arquivos de duas formas: Usando os arquivos Minitab ou usando os arquivos em excel.

Quando trabalhamos com diferentes versões do Minitab, é importante entender que cada versão possui uma extensão diferente, o que pode ocasionar um erro ao tentar abrir arquivos de uma versão em outra.

No caso, o Minitab 18 utiliza arquivos com extensão .MTW, já o Minitab 19 utiliza a extensão .MPX. Essas extensões representam formatos de arquivos diferentes, de acordo com suas funcionalidades e melhorias implementadas em cada versão do software.

Assim, ao acessar cada pasta de exercício e do projeto, você terá sempre três pastas de arquivos, do Minitab 18, Minitab 19 e Excel.

- Para os exercícios seguiremos o seguinte caminho “Pasta alunos BB” -> “03 - Exercícios da apostila de exercícios” e então você escolherá o tipo de arquivo usado:

Obs: Para fins de ilustração, serão usadas imagens referentes ao curso de Black Belt. Porém, este procedimento também se aplica à formação de Green Belt.

Pasta alunos BB / 03 - Exercícios da Apostila de Exercícios

Nome ↑	Moc
 Arquivos em Excel	--
 Arquivos para o Minitab 18	--
 Arquivos para o Minitab 19	--

- Projeto Fábrica Mid: “Pasta alunos BB” -> “05.1 - Projeto Mid State”
- Projeto Banco Mid: “Pasta alunos BB” -> “05.2 - Projeto Banco Mid”

➤ Como instalar o Minitab no computador

Nesse artigo vamos mostrar como instalar o software Minitab em seu computador.

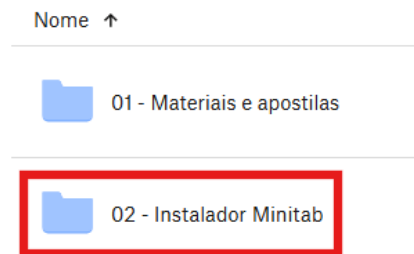
Você terá acesso a licença de teste do Minitab 18 e do Minitab 19. Você poderá escolher qualquer uma para baixar, para ter 30 dias de acesso gratuito. Ative a licença apenas quando for dar início aos exercícios e projetos! Nós da Escola EDTI não temos como prolongar a licença gratuita!

O Minitab é o software de análises estatísticas utilizado nos cursos de **Green Belt** e **Black Belt**.

1 - Faça seu [login na plataforma EAD](#) e acesse seu curso.

2 - Acesse a “pasta alunos” e abra a pasta “02 - Instalador Minitab ” - você pode conferir como acessar ou baixar a pasta alunos no artigo: [Como baixar a “pasta alunos”?](#)

Pasta alunos BB



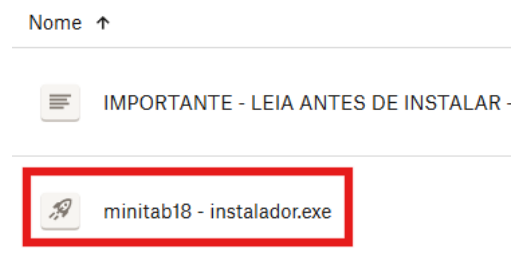
3 - Escolha o Minitab, de preferência, começaremos com o Minitab 18.

Pasta alunos BB / 02 - Instalador Minitab

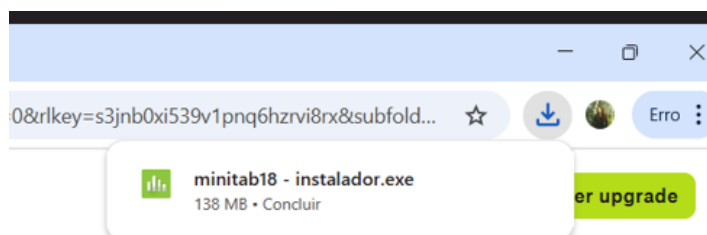


4 - Faça download do instalador

Pasta alunos BB / 02 - Instalador Minitab / Ir

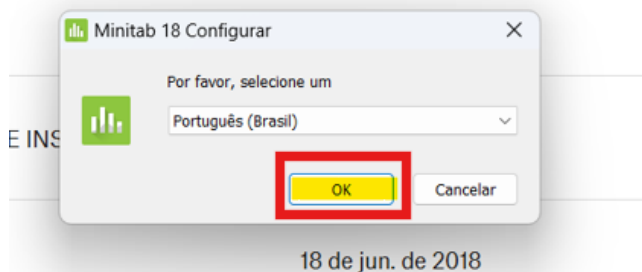


5 - No canto superior direito aparecerá o arquivo baixado ou na sua pasta de downloads.

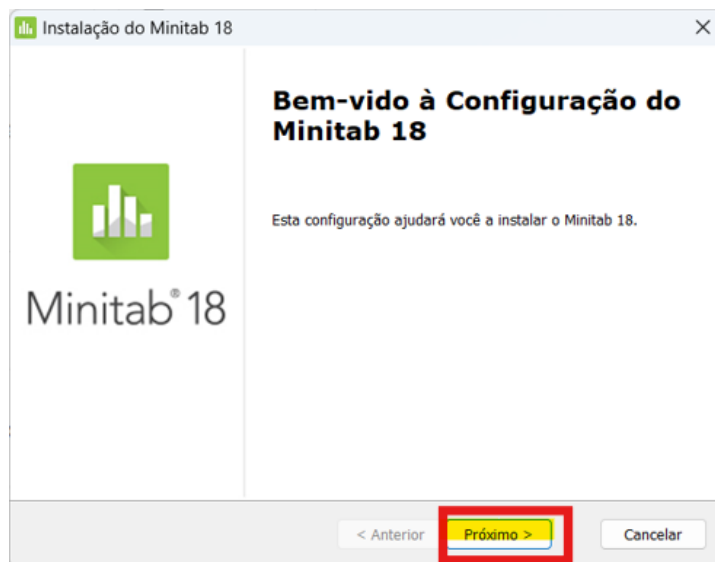


6 - prossiga com a instalação do Minitab

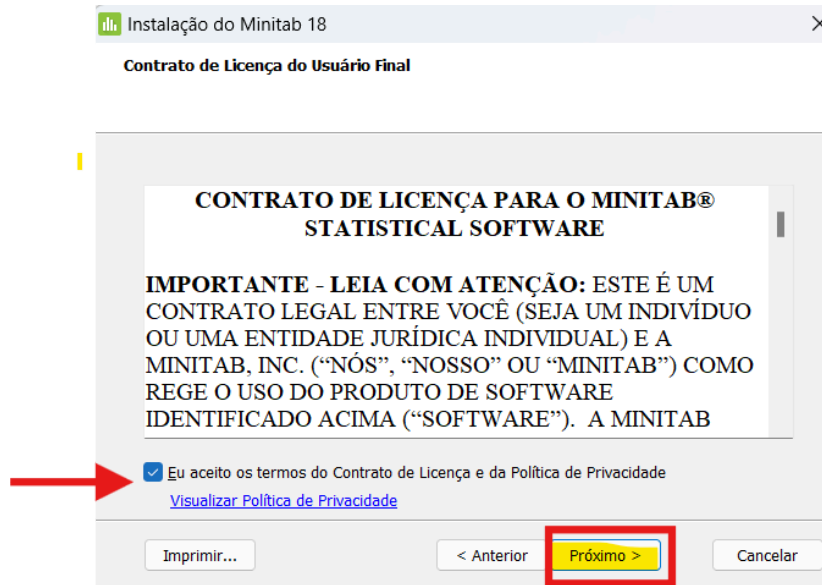
Apenas lembrando, essa licença é gratuita por 30 dias.



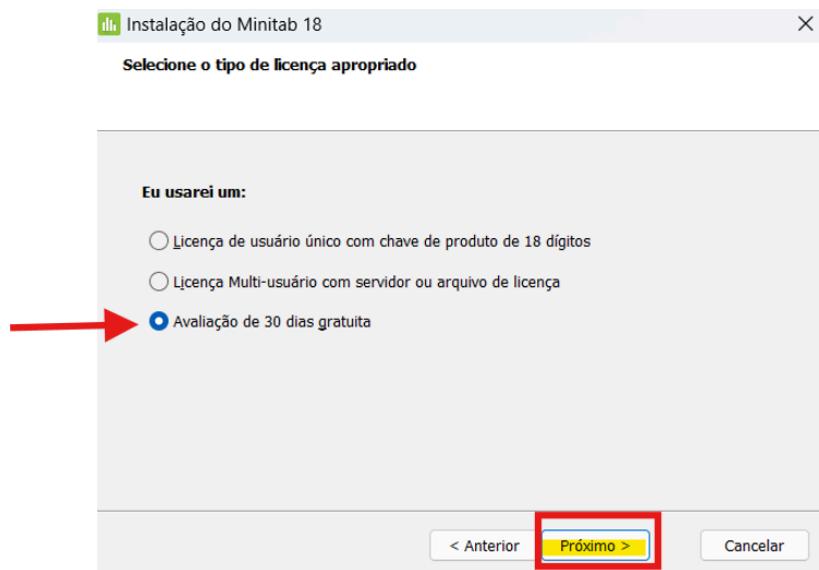
7 - Siga a sequência de imagens abaixo, clicando apenas nas opções em destaque.

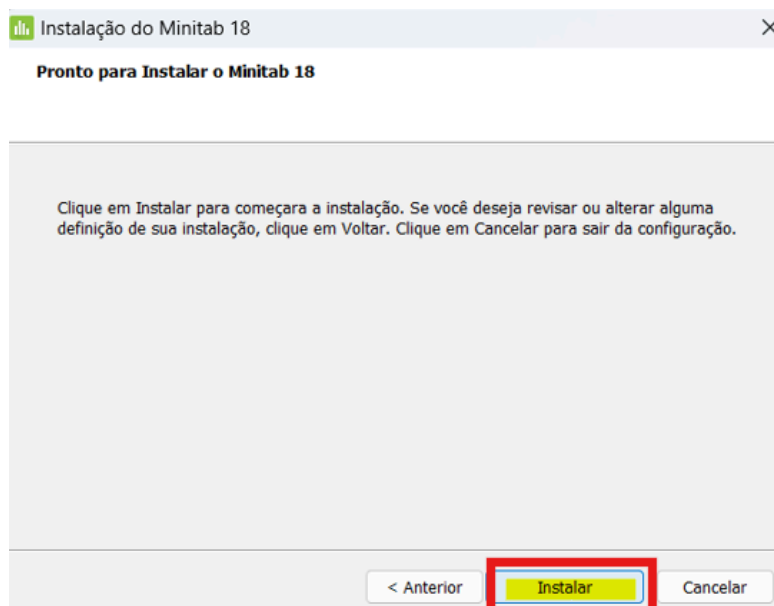
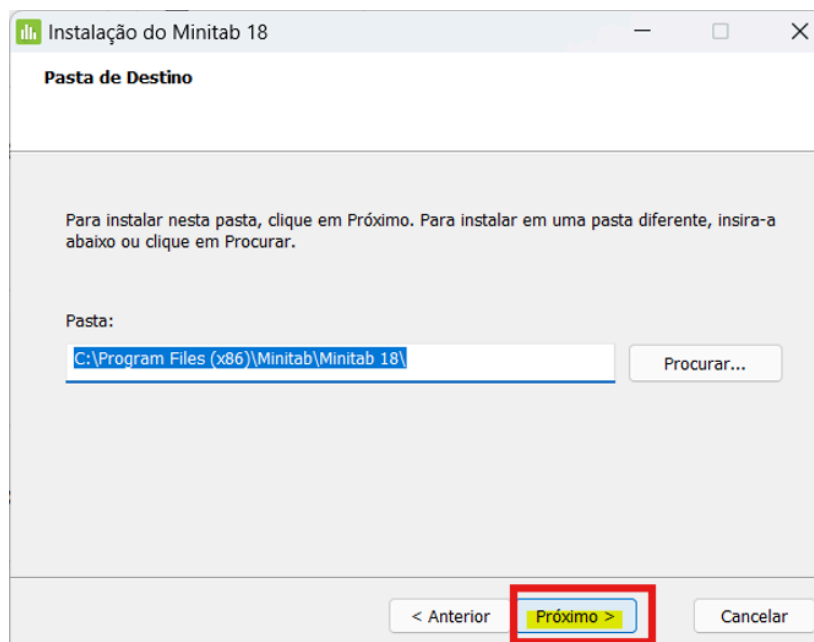


8 - Selecione a opção de aceitar os termos de uso, em seguida, clique em “Próximo”



9 - Agora vamos escolher a opção da licença gratuita e continuar a instalação

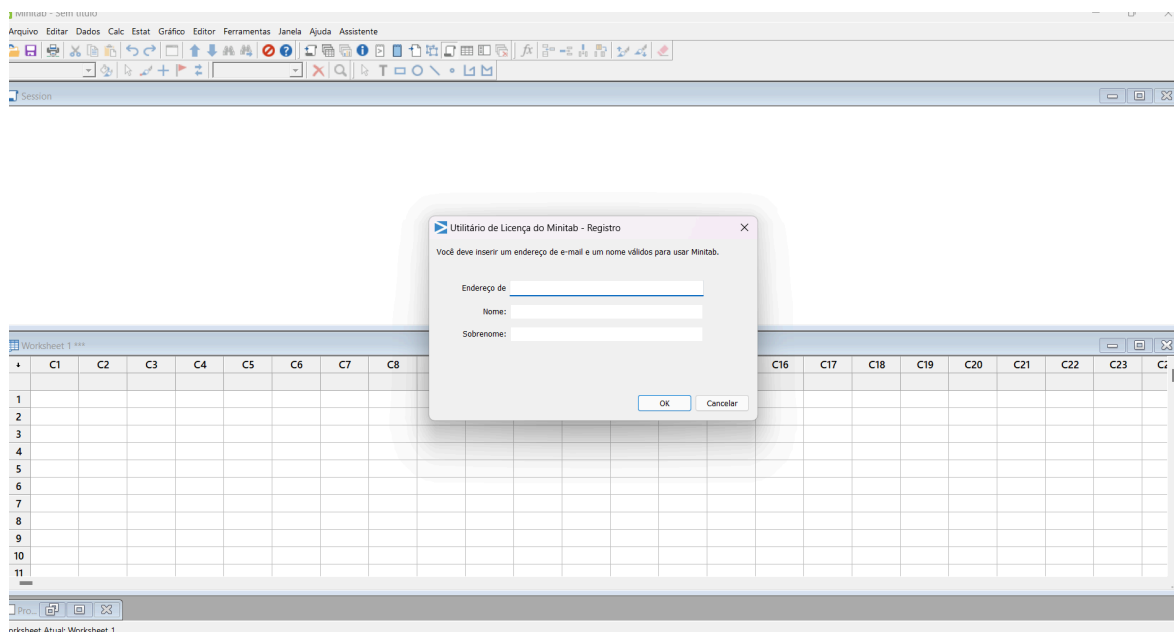




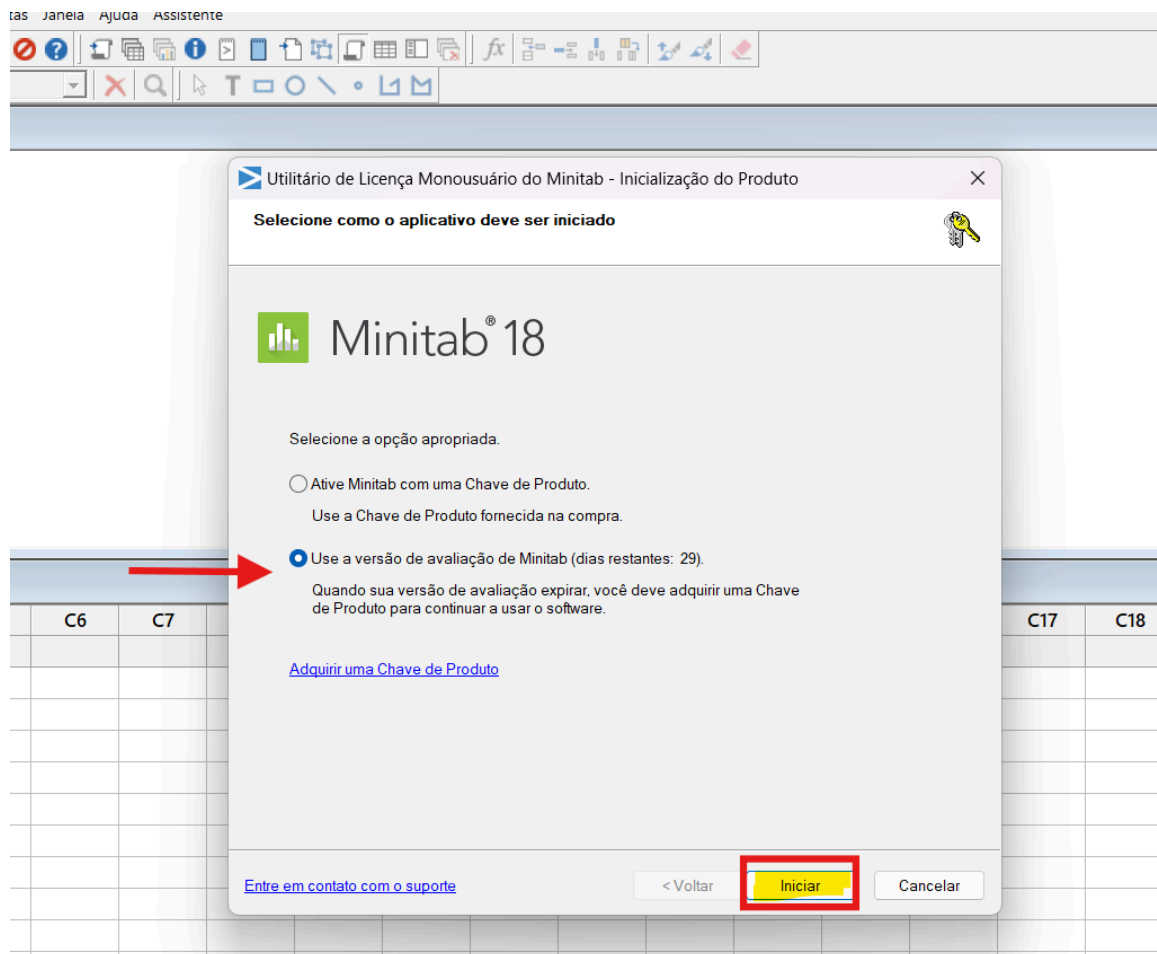
10 - Ao finalizar, seu Minitab já foi instalado e você poderá usar por 30 dias



11 - Após a instalação, abra o software e insira seu e-mail, seu nome e clique em ok



12 - Escolha a opção de avaliação e clique em iniciar



Agora você está pronto para usar o Minitab.

Bons estudos =)

➤ **Consigo instalar o Minitab em meu Macbook?**

É possível instalar o Minitab no Macbook com processador Intel e processador M1, M2, M3, mas a forma de instalação é diferente.

PROCESSADOR INTEL:

Será necessário instalar uma máquina virtual que simula o windows em seu Macbook e instalar o Minitab dentro dessa máquina virtual.

Você precisará:

- ISO da versão do windows que deseja utilizar ([Link para Windows 10](#))

- Versão do Minitab (Alunos recebem o link nos materiais do curso)

Em seguida, siga os passos do [nosso artigo de instalação do Minitab em Macbooks](#)

Instalando máquina virtual de Windows 11 em MacOS Apple Sillicon (Processadores Apple M1, M2, M3)

- Programas necessários:

Para criar a máquina virtual será utilizado o software UTM, para baixar a imagem ISO do Windows 11 para a arquitetura do processador Apple Sillicon, utilizaremos o CrystalFetch

- Baixe e instale o CrystalFetch a partir da AppStore: [CrystalFetch](#)

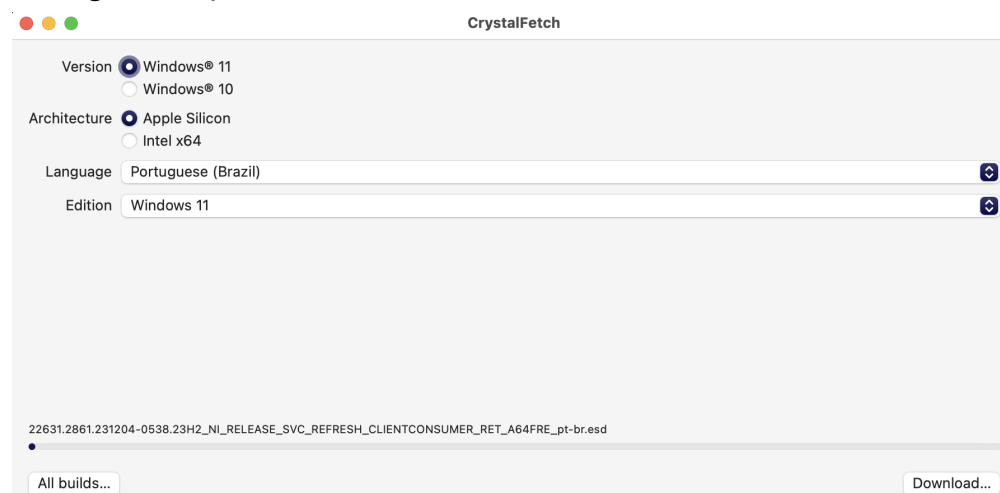
- Baixe e instale o UTM a partir do site do proprietário [UTM](#) (link direto) - Mais detalhes sobre o software neste link: <https://mac.getutm.app/>

Passo 1 - Download da imagem do Windows 11

No app CrystalFetch selecione as seguintes opções:

- Version: Windows 11
- Architecture: Apple Sillicon
- Language: Portuguese (Brazil)
- Edition: Windows 11

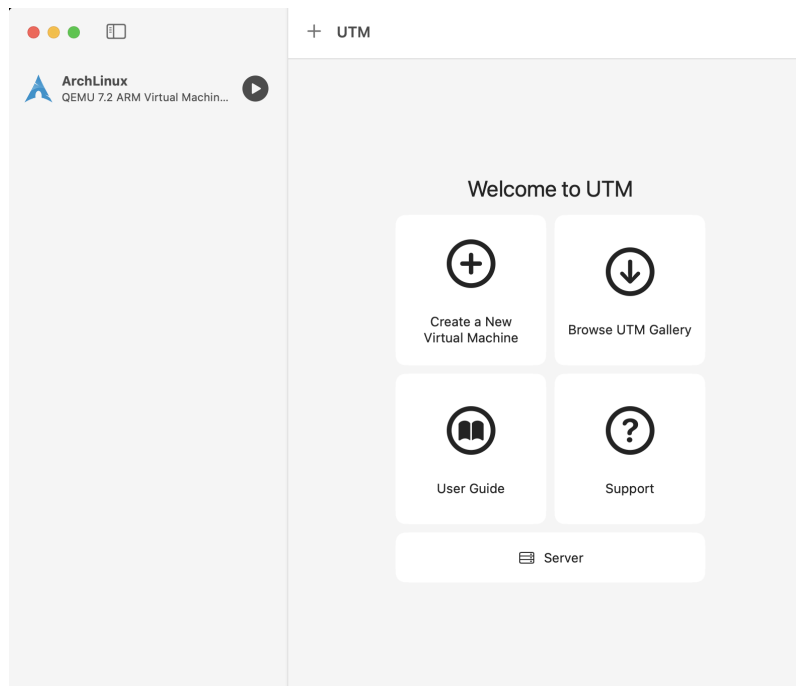
Em seguida clique no botão Download no canto inferior direito



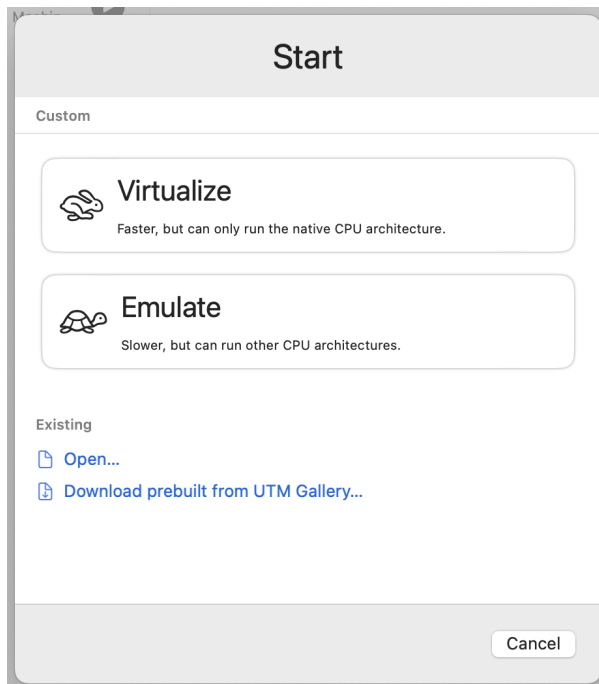
O download irá iniciar, e quando ele finalizar ele irá abrir o explorador de arquivos e perguntará onde deseja salvar a imagem baixada, recomendo salvar em na pasta Downloads.

Passo 2 - Configurar a Máquina Virtual no UTM

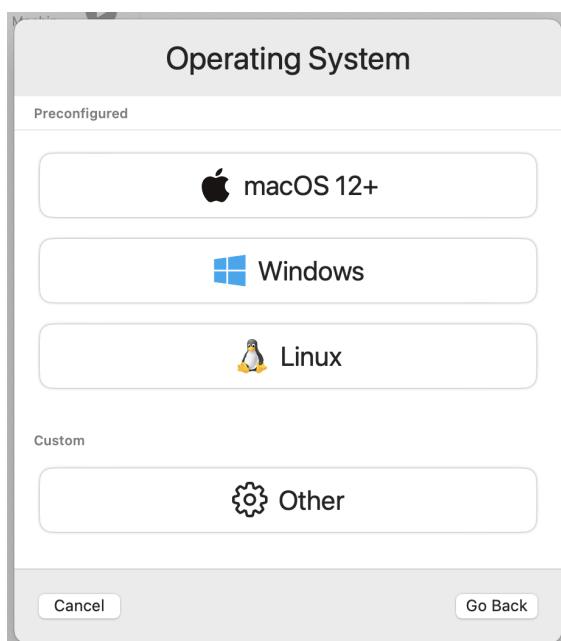
a) Abra o app e clique no botão Create a New Virtual Machine



b) selecione a opção Virtualize, pois vamos instalar uma versão de windows feita para a mesma arquitetura de processador do macbook, a arquitetura arm.



c) selecione o sistema operacional Windows



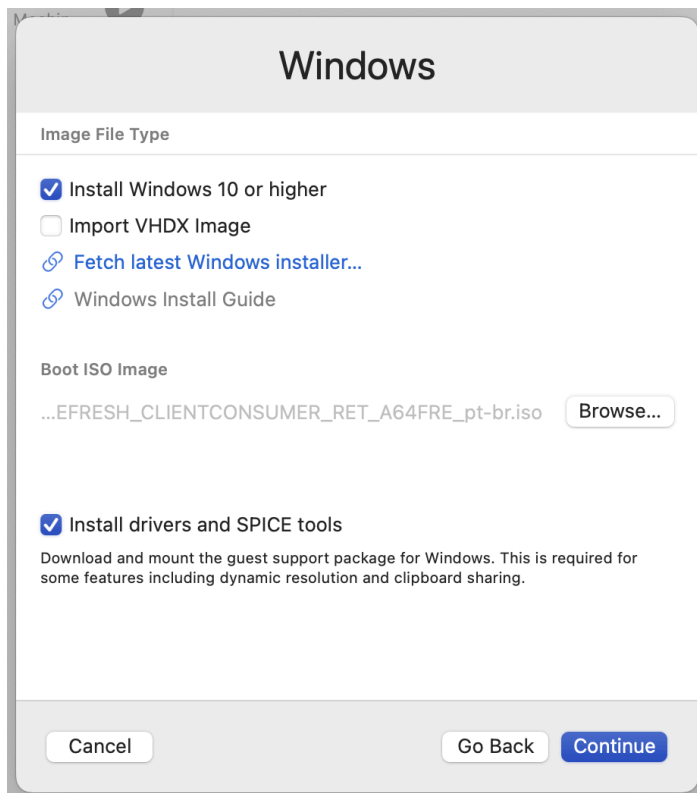
d) Mantenha os checkboxes no modo padrão

i) Install Windows 10 or higher

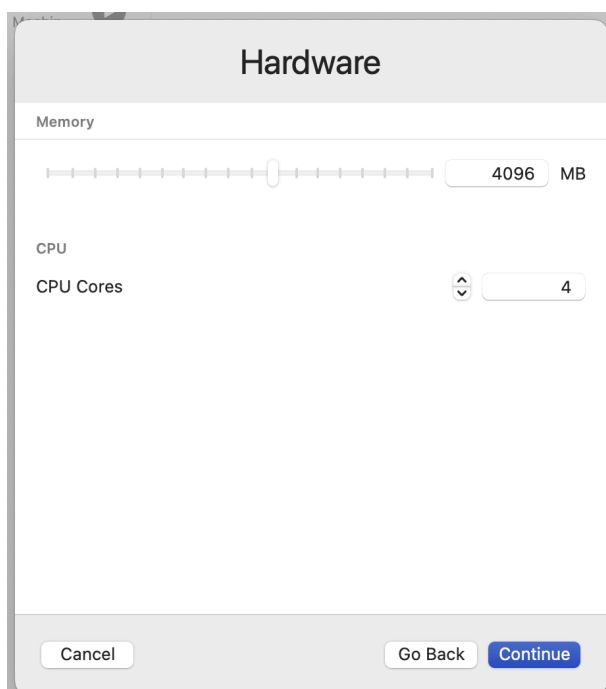
ii) Import VHDX Image

e) Em Boot ISO Image clique no botão Browse..., navegue no explorador de arquivos e selecione a imagem de windows que baixamos com o CrystalFetch anteriormente

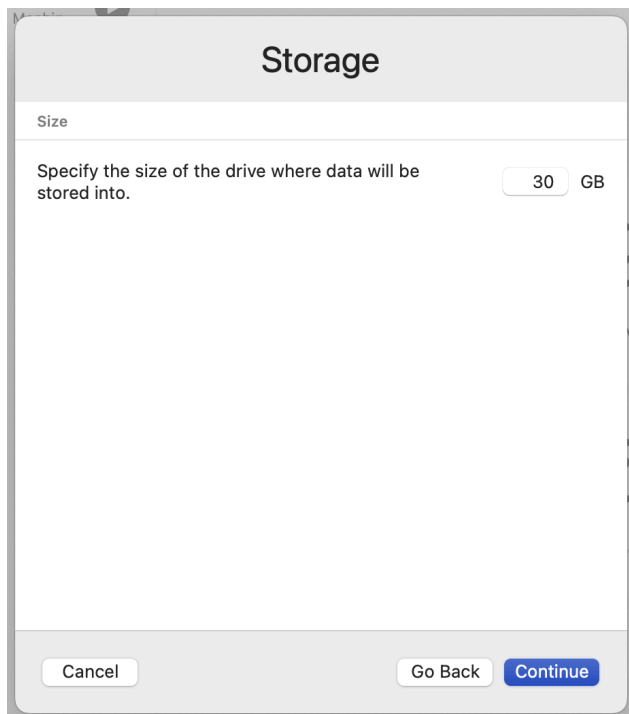
f) Clique no botão Continue



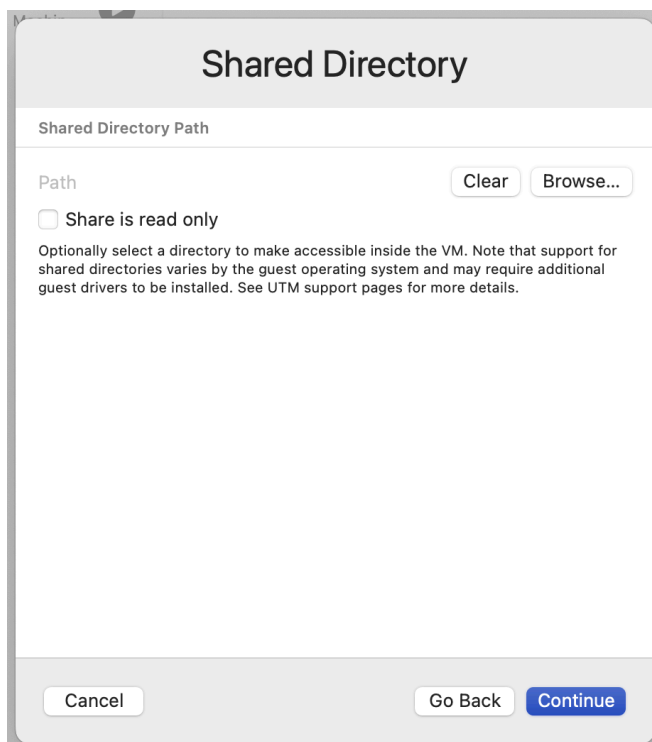
g) Separe 4096MB de memória RAM e no mínimo 4 CPU Cores para a máquina virtual. Clique no botão Continue.



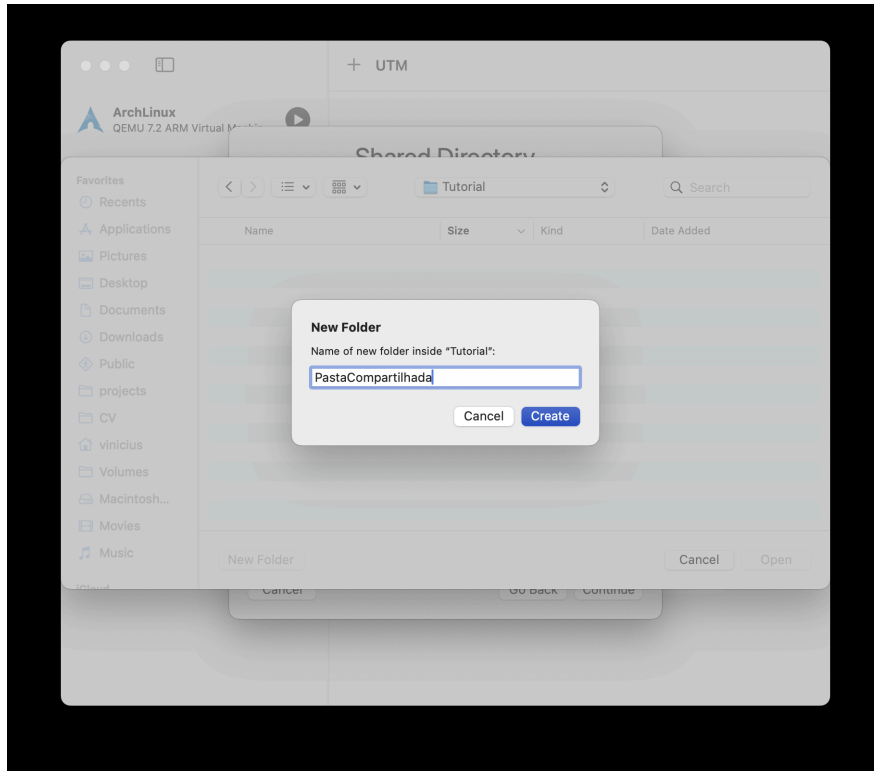
h) configure o espaço de disco de no mínimo 30GB para a máquina virtual



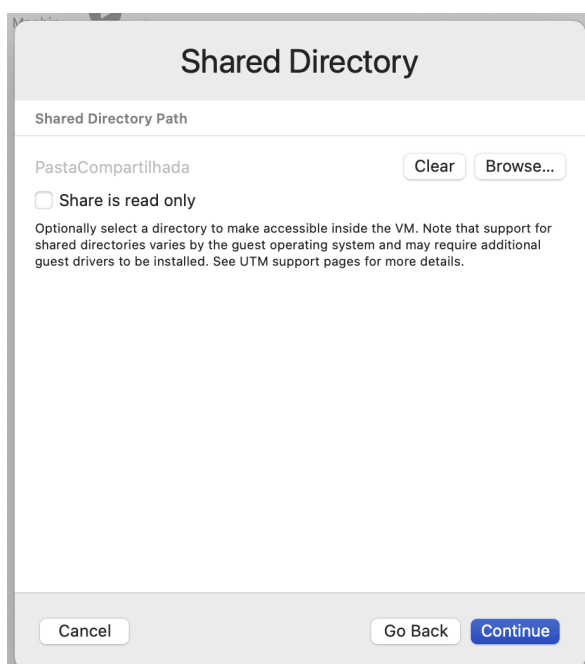
i) **[OPCIONAL]** Crie um diretório compartilhado entre seu Macbook e a máquina virtual, será com esta pasta que será compartilhado arquivos entre os dois sistemas. Clique em Browse para iniciar.



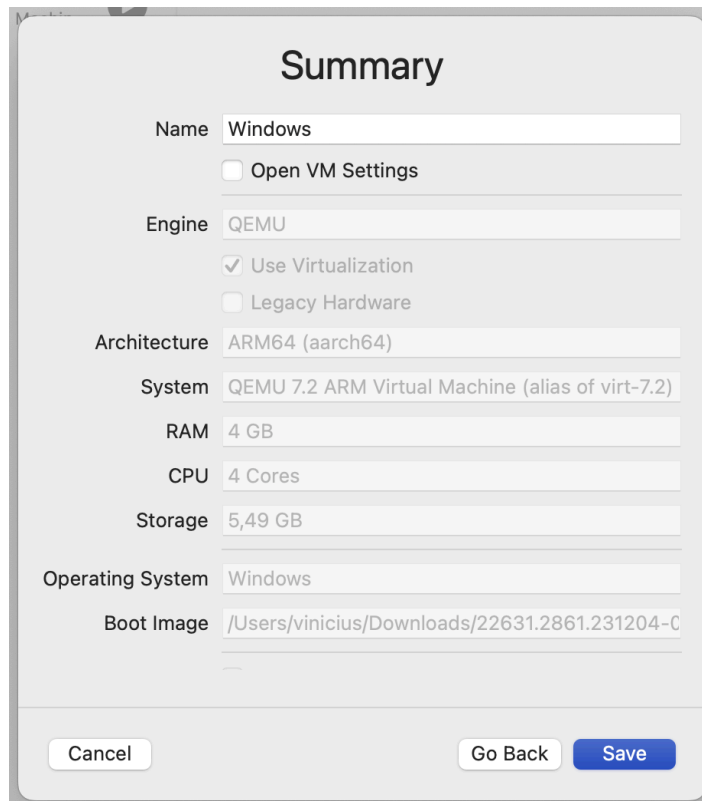
j) [OPCIONAL] Para este caso foi criado uma pasta chamada PastaCompartilhada como exemplo, sinte-se livre para criar a pasta onde e com o nome que desejar



k) Uma vez a pasta compartilhada selecionada, ela fica selecionada desta forma e estamos prontos para prosseguir clicando em Continue



l) A próxima tela exibirá o sumário da configuração e você deverá ver uma tela parecida com esta. Clique em Save e estaremos prontos para iniciar a próxima etapa.

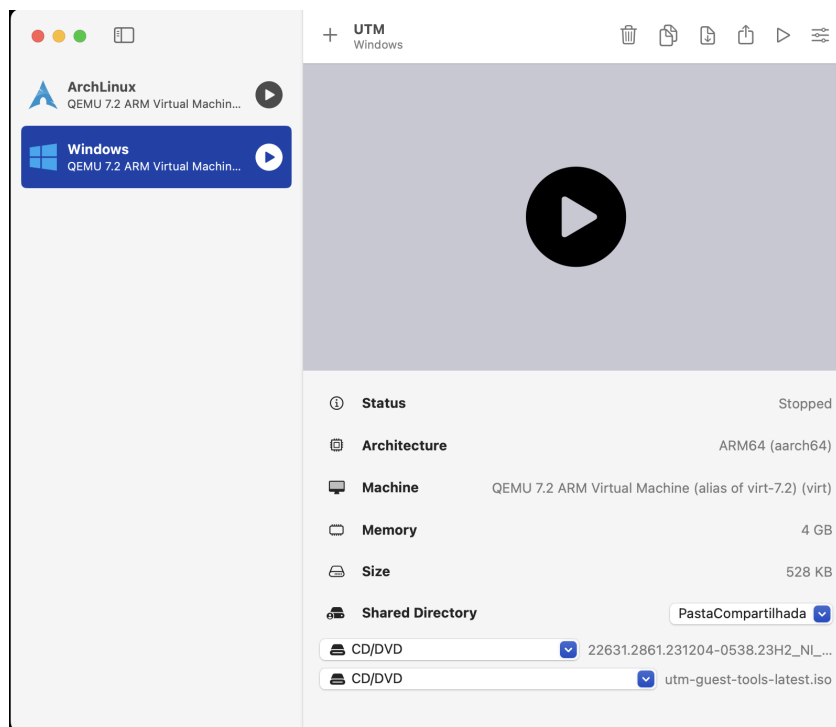


The image shows a 'Summary' configuration window for a virtual machine. The window has a light gray background and rounded corners. At the top, the title 'Summary' is centered. Below the title, there are several rows of configuration options, each with a label on the left and a text input field or checkbox on the right. The options are: 'Name' (Windows), 'Open VM Settings' (checkbox), 'Engine' (QEMU), 'Use Virtualization' (checkbox, checked), 'Legacy Hardware' (checkbox), 'Architecture' (ARM64 (aarch64)), 'System' (QEMU 7.2 ARM Virtual Machine (alias of virt-7.2)), 'RAM' (4 GB), 'CPU' (4 Cores), 'Storage' (5,49 GB), 'Operating System' (Windows), and 'Boot Image' (/Users/vinicius/Downloads/22631.2861.231204-C). At the bottom of the window, there are three buttons: 'Cancel', 'Go Back', and 'Save'.

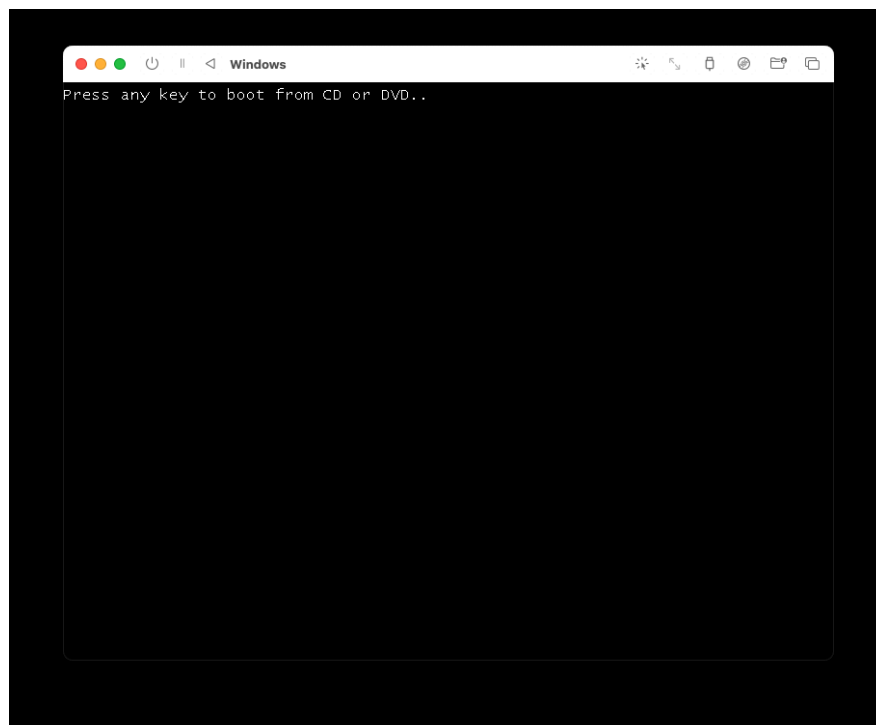
Field	Value
Name	Windows
Open VM Settings	<input type="checkbox"/>
Engine	QEMU
Use Virtualization	<input checked="" type="checkbox"/>
Legacy Hardware	<input type="checkbox"/>
Architecture	ARM64 (aarch64)
System	QEMU 7.2 ARM Virtual Machine (alias of virt-7.2)
RAM	4 GB
CPU	4 Cores
Storage	5,49 GB
Operating System	Windows
Boot Image	/Users/vinicius/Downloads/22631.2861.231204-C

Passo 3 - Instalar o Windows 11 na máquina virtual

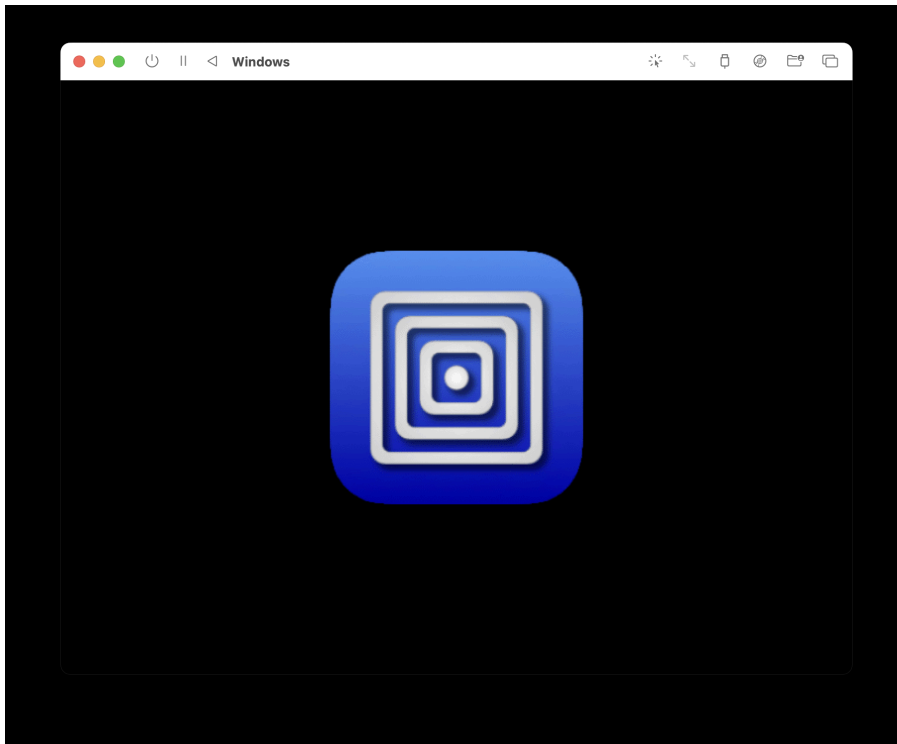
Com a máquina virtual configurada está na hora de instalar o sistema operacional nela. Antes de clicar no botão Play para ligar a máquina virtual, leia a próxima instrução.



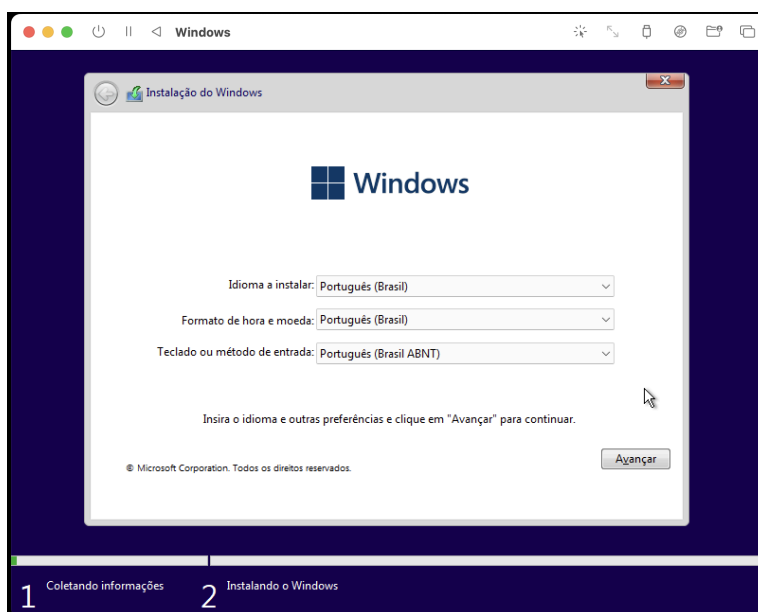
a) Pode ser que apareça o seguinte texto: Press any key to boot from CD or DVD... Neste caso você deve pressionar qualquer tecla do seu teclado **IMEDIATAMENTE** para iniciar o processo de instalação do windows. Feito este aviso, fique a vontade para apertar o botão play



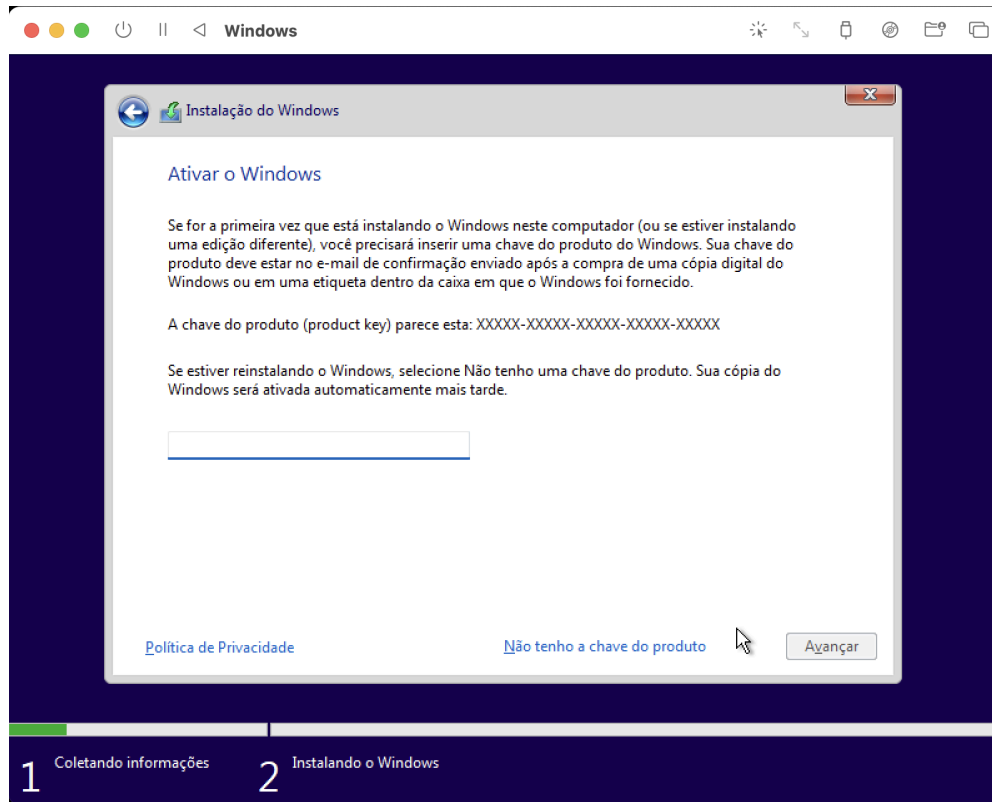
b) Ao clicar no botão de Play para iniciar a máquina virtual, você verá uma tela preta na sequência, não se preocupe, é apenas o software emulando a BIOS de um computador real, em seguida você deverá ver o instalador do windows.



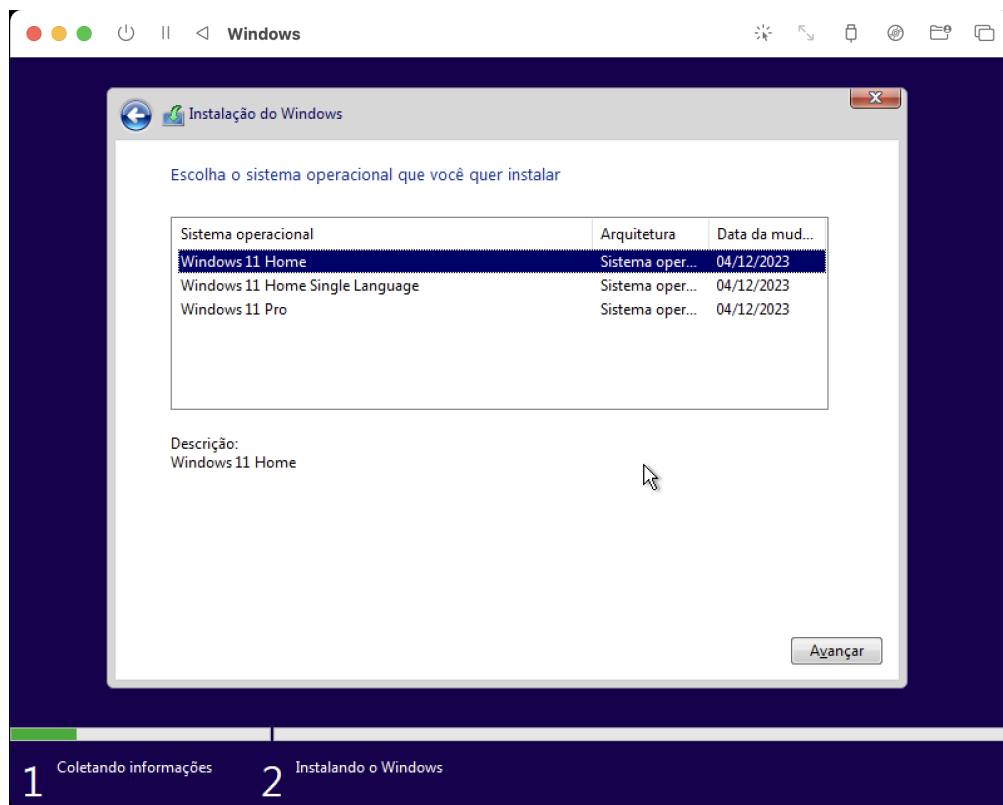
c) Com as opções padrão Português (Brasil) selecionadas, clique em avançar.



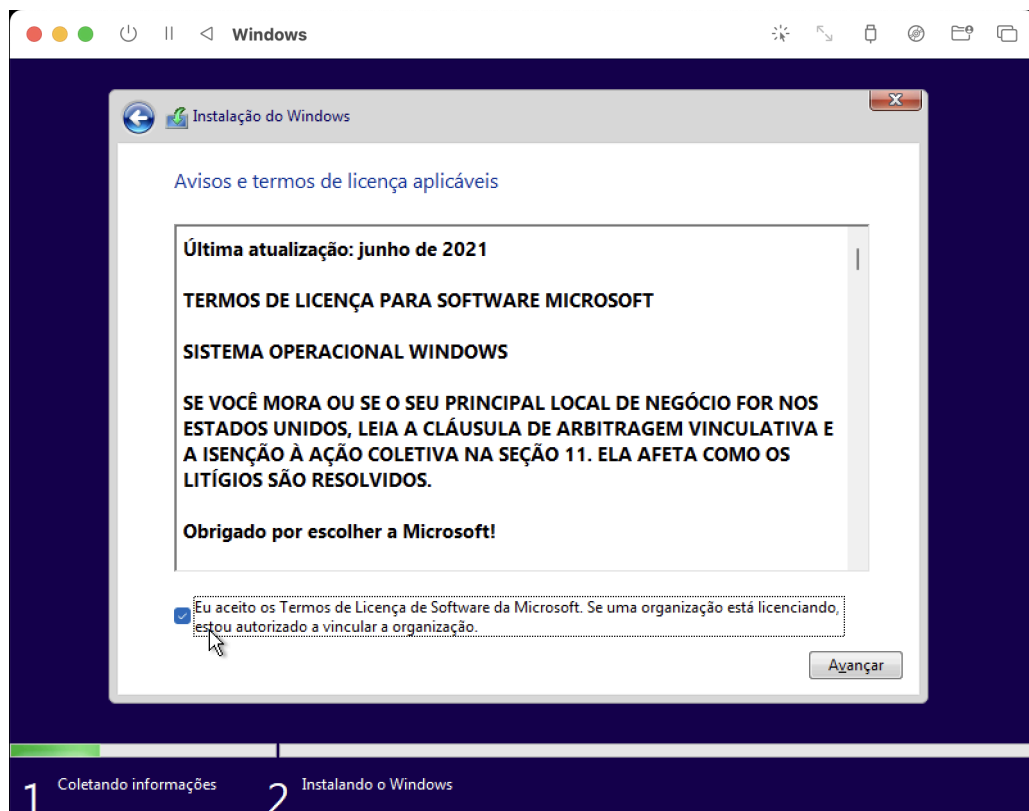
d) Na tela de ativação do Windows clique em Não tenho a chave do produto



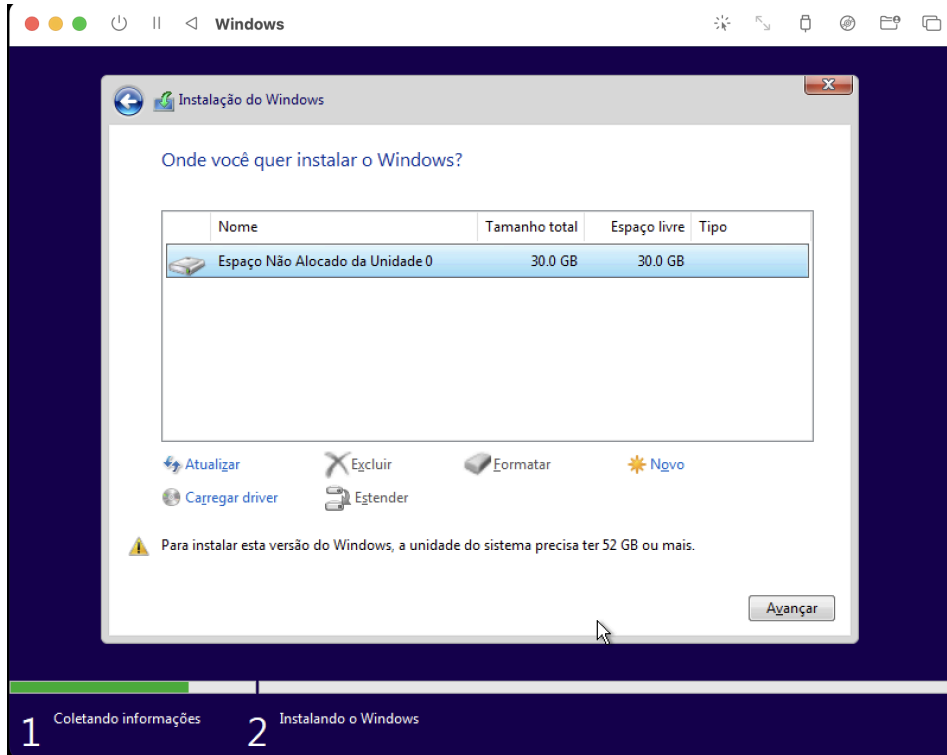
e) Na tela de seleção de versões do Windows 11, instale o Windows 11 Home, é a opção mais leve. Clique em Avançar.



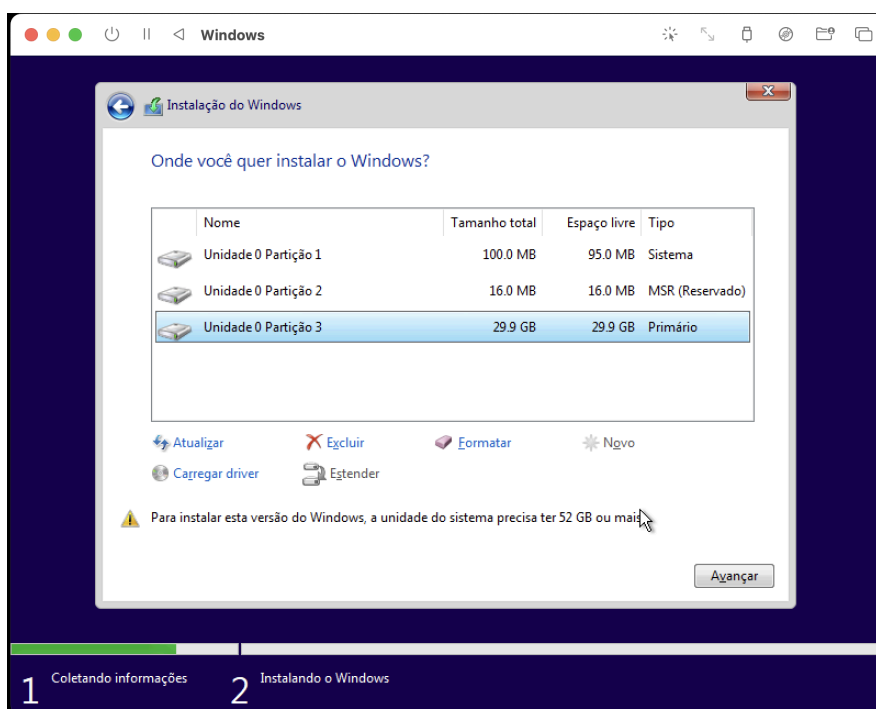
f) Aceite os termos e clique em Avançar



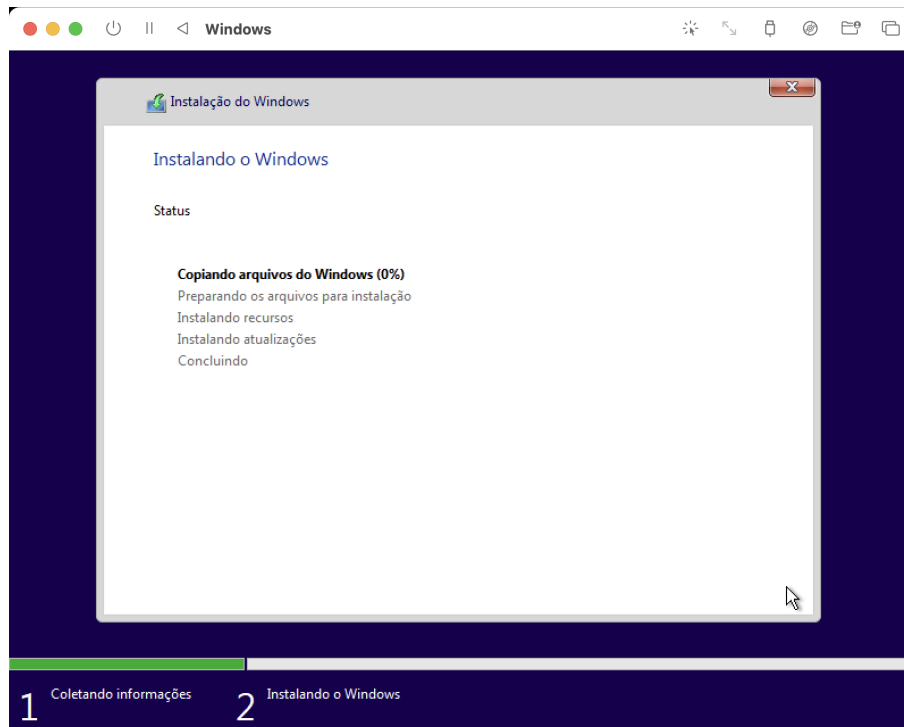
g) Na tela seleção de disco de instalação, clique em Novo, em seguida clique em Aplicar e OK, isso deverá particionar este disco em 3 partições, necessárias para o windows iniciar.



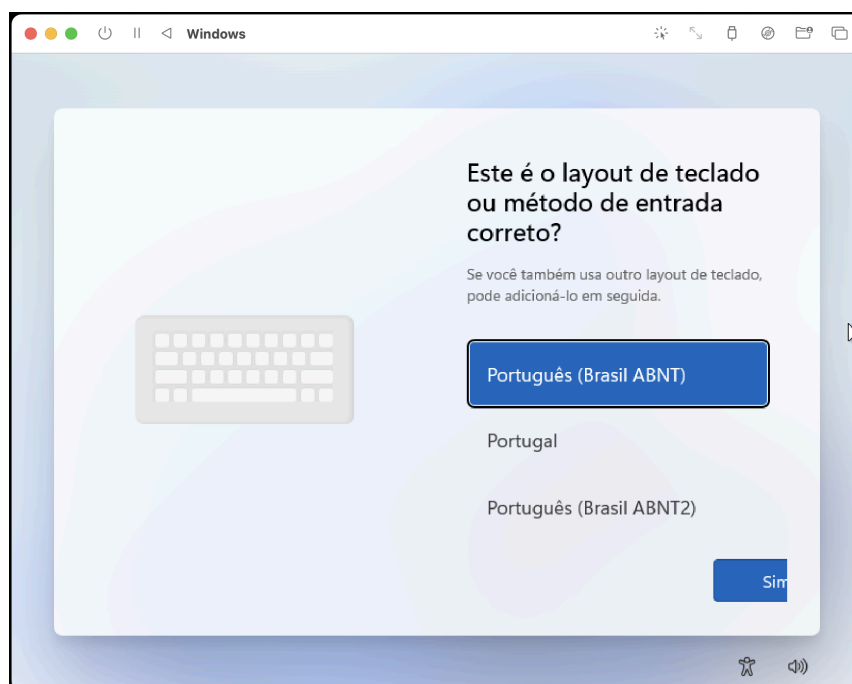
h) O disco particionado deve ter esta aparência, clique em Avançar com o disco primário selecionado.



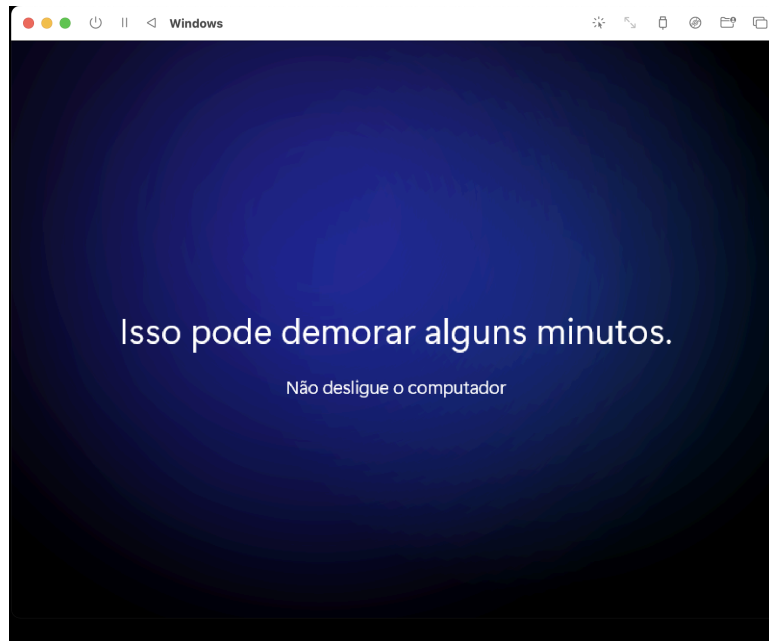
i) O windows iniciará a instalação, apenas aguarde o processo finalizar, ele reiniciará sozinho algumas vezes. Durante as reinicializações o texto Press any key to boot from CD or DVD... pode aparecer novamente, apenas o ignore, não apertando nenhuma tecla durante este processo, e espere o windows terminar a instalação.



j) Configure o idioma, formato de teclado, nome de usuário e senha do Windows

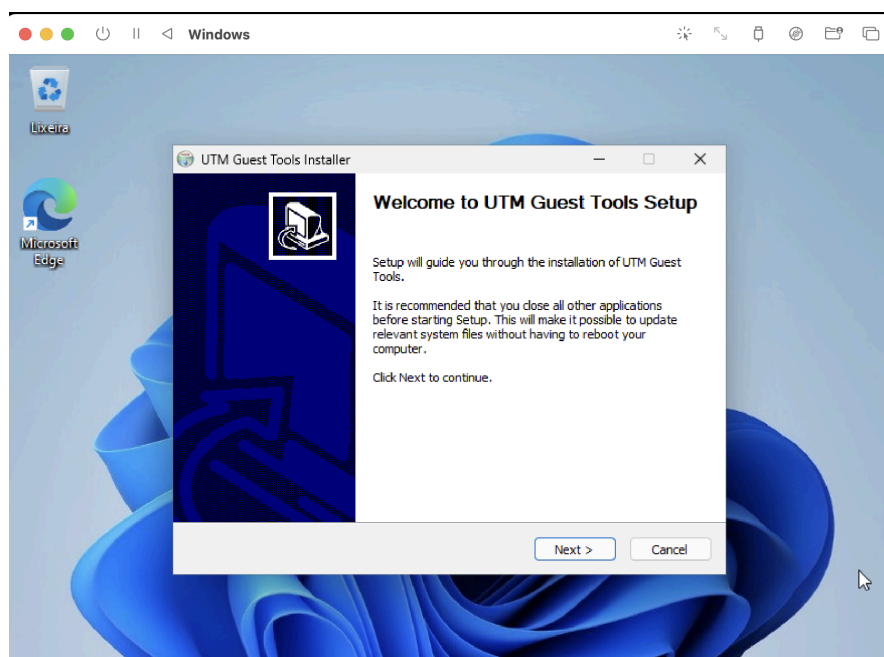


k) O Windows entrará em modo de autoconfiguração, aguarde.



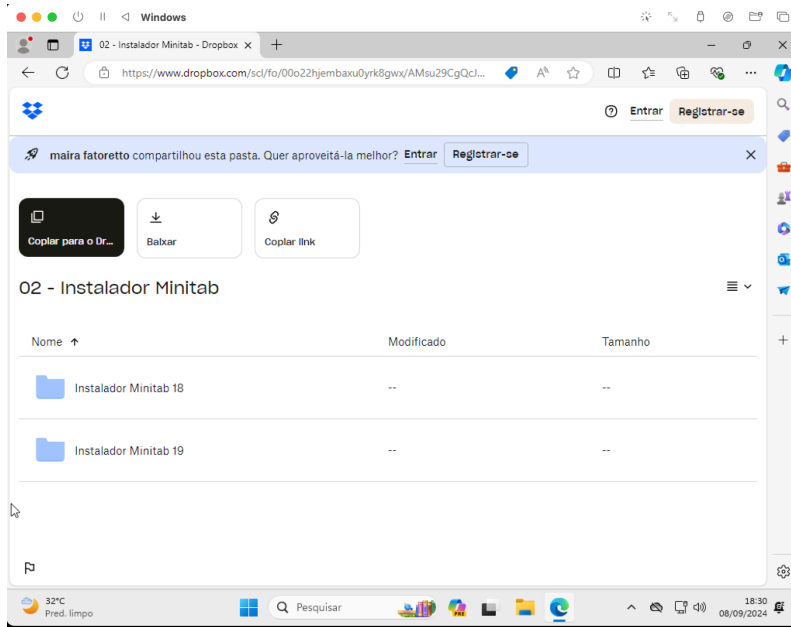
l) Quando o Windows Iniciar você deverá instalar o UTM Guest Tools, é um programa do UTM que permite que a pasta compartilhada funcione corretamente, tal qual as interfaces de rede e dispositivos USB funcionem na máquina virtual

m) Quando a instalação terminar, reinicie a máquina virtual

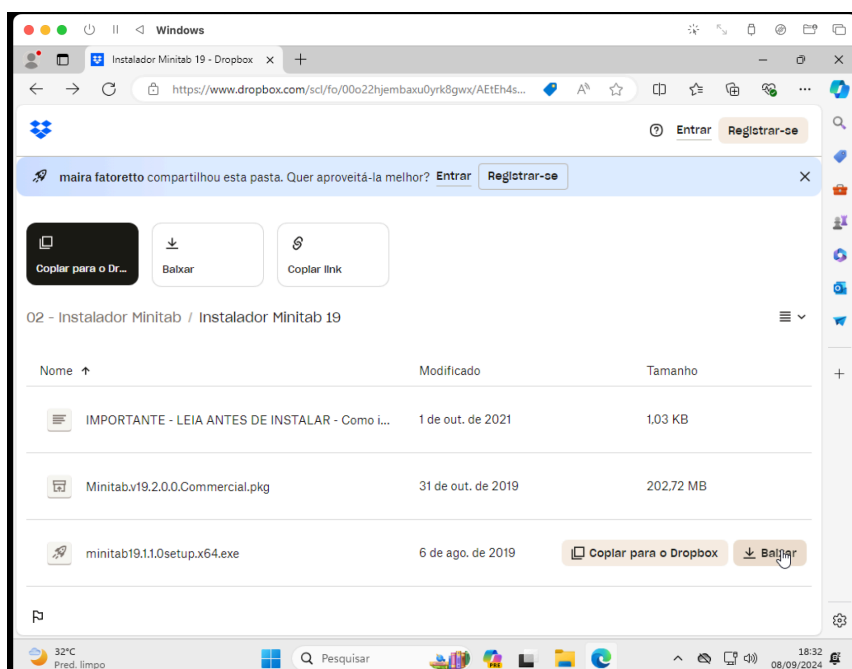


Passo 4 - Instalar o MiniTab

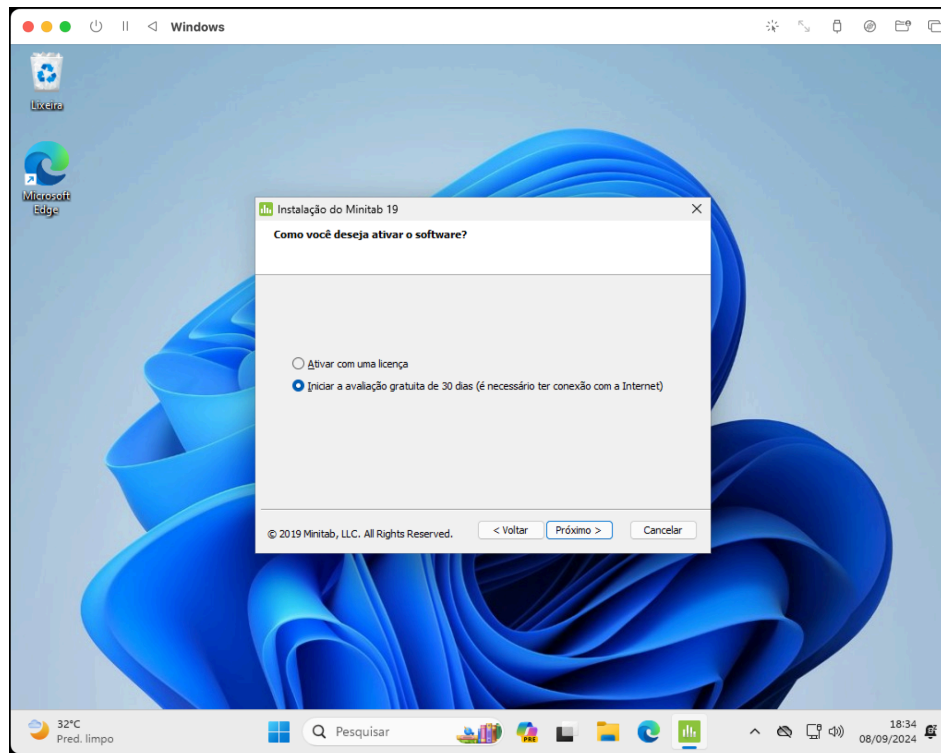
a) Abra o navegador Microsoft Edge dentro da máquina virtual e acesse o link https://www.dropbox.com/scl/fo/00o22hjembaxu0yrk8gwx/AMsu29CgQcJH6EBaLhqs3_Y/02%20-%20Instalador%20Minitab?dl=0&rlkey=s3jnb0xi539v1pnq6hzrvi8rx&subf_older_nav_tracking=1



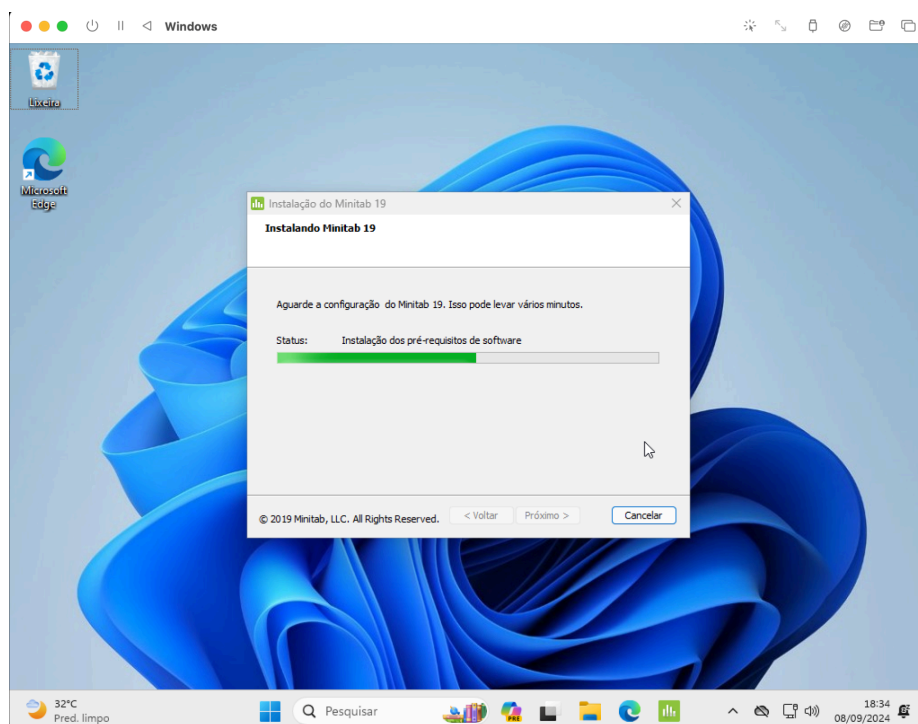
b) Entre no diretório Instalador Minitab 19 e baixe o executável minitab19.1.10setup.x64.exe



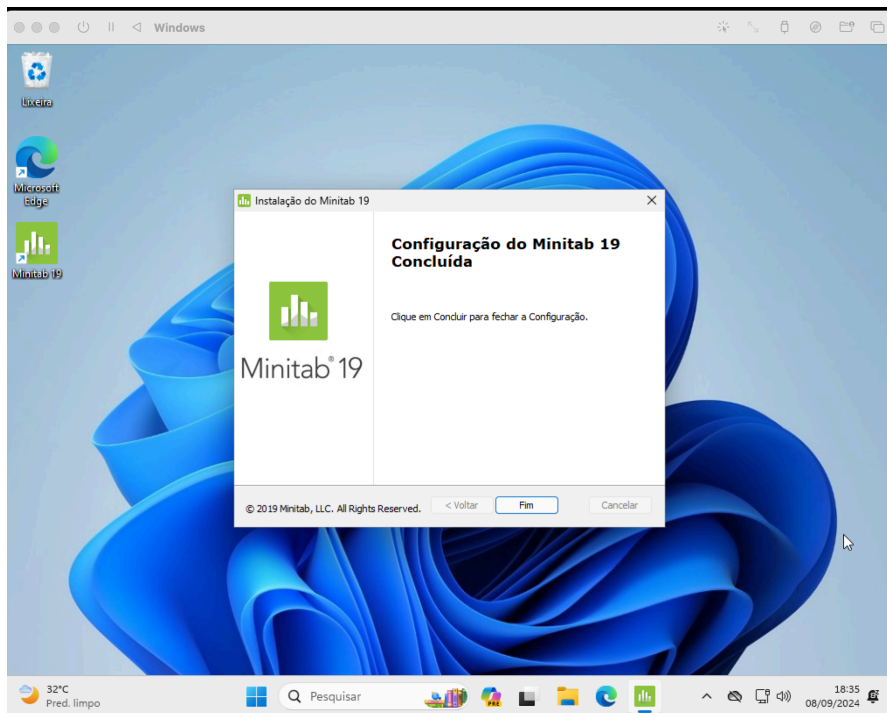
c) Após o download terminar, execute o instalador, prossiga com a instalação padrão e selecione a opção Iniciar a avaliação gratuita de 30 dias



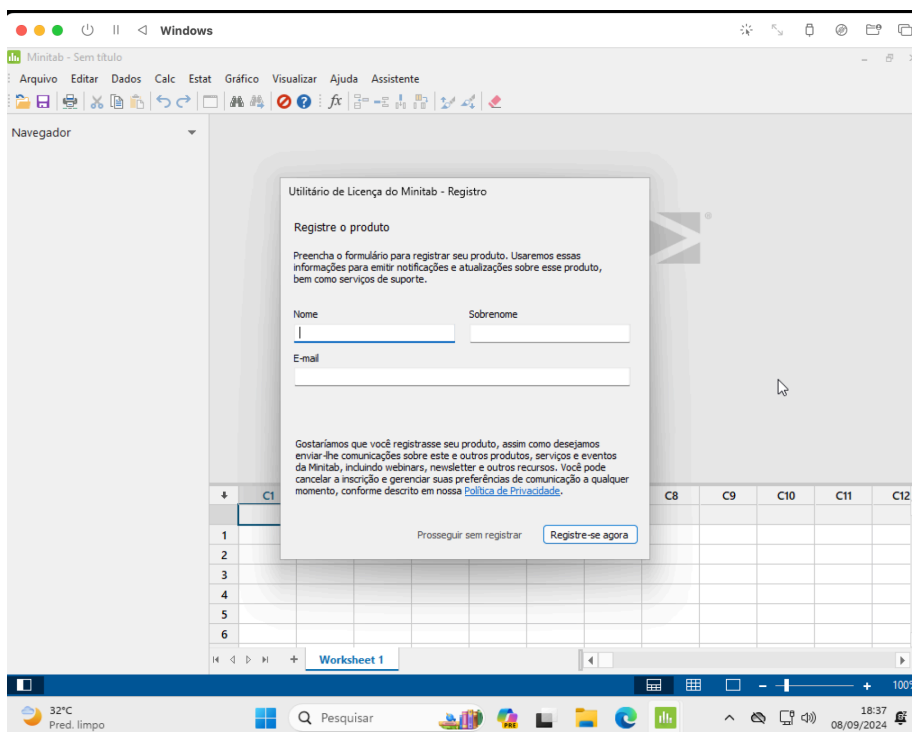
d) Continue o processo de instalação sempre aceitando tudo o que for necessário



e) O software está instalado



f) Registre seu software para o período de avaliação. Bom curso



Minitab e Análises Estatísticas

Regressão Linear

➤ Como interpretar os resultados da Análise de Regressão

A análise de regressão gera uma equação para descrever a relação entre uma ou mais variáveis e a variável resposta. Depois de usar o Minitab para ajustar um modelo de regressão e verificar o ajuste através dos gráficos de resíduos, devemos interpretar os valores-p e os coeficientes que aparecem na saída da análise de regressão linear.

O valor-p para cada termo testa a hipótese nula de que o coeficiente é igual a zero (sem efeito). Um **valor-p baixo (< 0,05)** indica que você pode **rejeitar a hipótese nula**. Em outras palavras, uma variável que tenha um valor-p baixo provavelmente será **significativa** ao seu modelo, porque as alterações no valor dela estão relacionadas à alterações na variável resposta.

Por outro lado, um **valor-p maior (> 0,05)** sugere que as mudanças na variável **não** estão associadas à mudanças na variável resposta.

Na tabela abaixo, podemos observar que as variáveis Pagamento e Período são significativas porque ambos os valores-p são 0,000. No entanto, o valor-p para os Atendentes (0,096) é maior que 0,05, o que indica que ele não é estatisticamente significativo.

Coeficientes

Termo	Coef	EP de Coef	Valor-T	Valor-P	VIF
Constante	45,58	2,44	18,68	0,000	
Pagamento					
s	33,40	3,75	8,90	0,000	1,13
Atendentes					
5	11,42	4,68	2,44	0,096	2,35
Periodo					
T	-30,75	4,52	-6,81	0,000	2,21

Equação de Regressão

$$\text{Tempo} = 45,58 + 0,0 \text{ Pagamento}_n + 33,40 \text{ Pagamento}_s + 0,0 \text{ Atendentes}_3 + 11,42 \text{ Atendentes}_5 + 0,0 \text{ Periodo}_M - 30,75 \text{ Periodo}_T$$

Normalmente utilizamos os valores-p dos coeficientes para determinar quais termos devemos manter no modelo de regressão. No modelo acima, devemos considerar a remoção dos Atendentes.

Sumário do Modelo

S	R2	R2(aj)	R2(pred)
23,5257	36,59%	35,79%	34,26%

Juntas, essas variáveis explicam 36,59% da variância presente no meu modelo.

Gráficos Descritivos

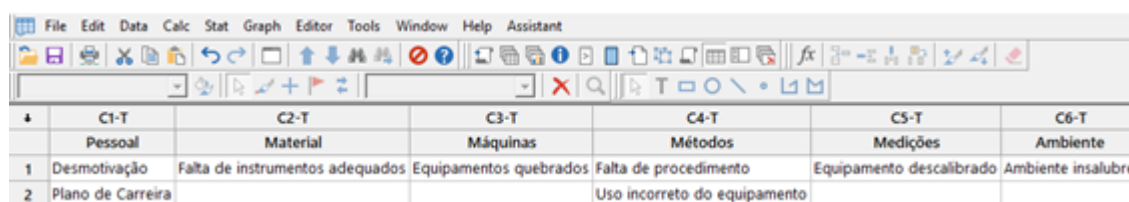
➤ Diagrama de Causa e Efeito

O diagrama de causa e efeito é uma importante ferramenta para identificação de possíveis problemas e oportunidades que ocorrem diariamente no meu processo produtivo ou de serviços.

O Minitab tem pré-definido o modelo de diagrama 6M e para construí-lo você pode utilizar o passo-a-passo abaixo e abaixo segue um exemplo que será resolvido utilizando a ferramenta.

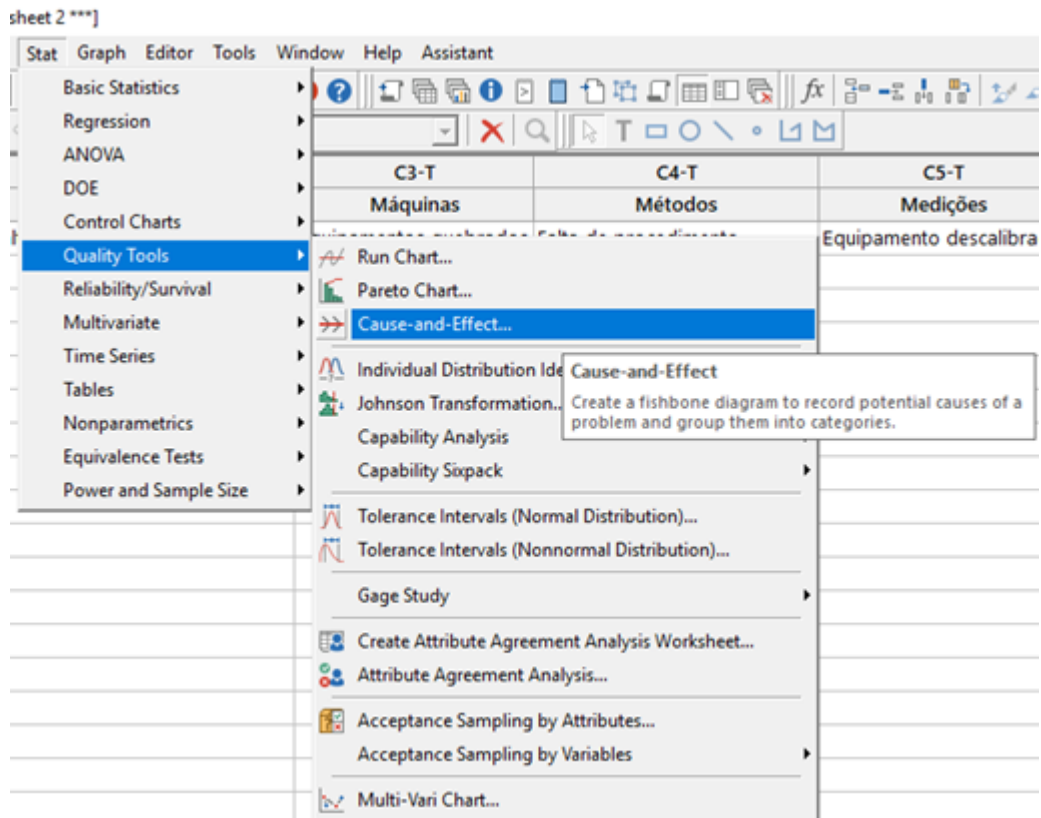
Exemplo: Uma empresa química possui um alto tempo para lançamento de novos produtos e realizando entrevistas com os funcionários descobriu-se que eles se encontravam desmotivados além de não terem um plano de carreira nem procedimentos para seguir a respeito da elaboração de produtos. Portanto decidiu-se por realizar um projeto de melhoria para diminuir os tempos de lançamentos de novas formulações.

Dessa forma, nosso primeiro passo será identificar todas as possíveis causas que podem estar afetando o tempo de lançamento e agrupá-las em uma tabela e disponibilizá-la no minitab conforme exemplo abaixo:

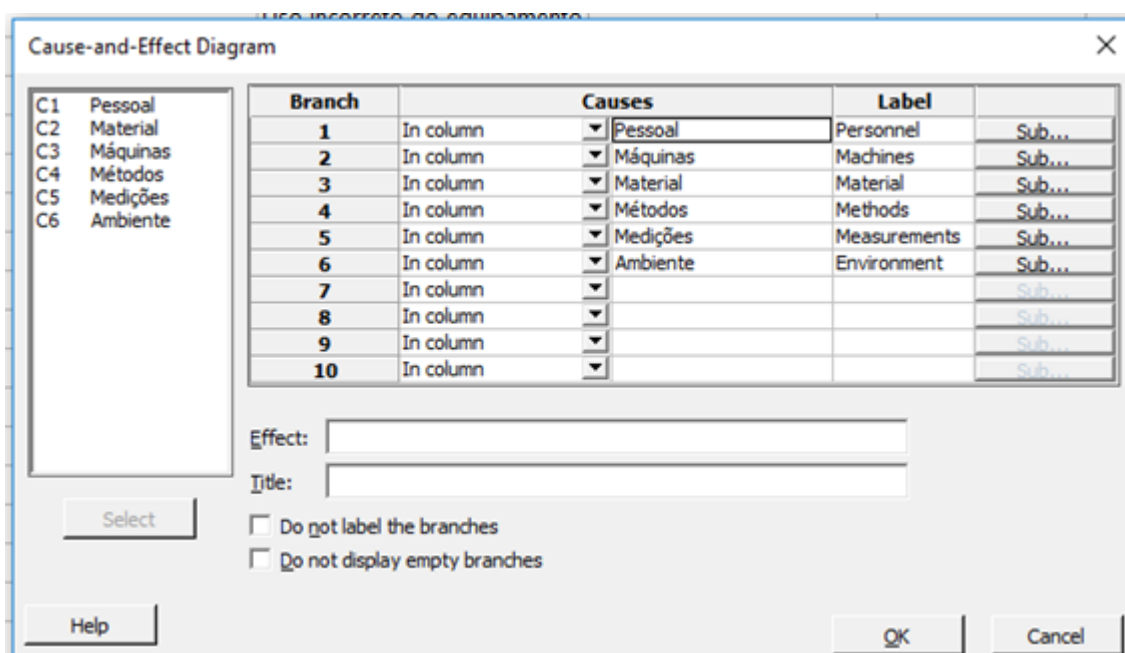


	C1-T	C2-T	C3-T	C4-T	C5-T	C6-T
	Pessoal	Material	Máquinas	Métodos	Medições	Ambiente
1	Desmotivação	Falta de instrumentos adequados	Equipamentos quebrados	Falta de procedimento	Equipamento descalibrado	Ambiente insalubre
2	Plano de Carreira			Uso incorreto do equipamento		

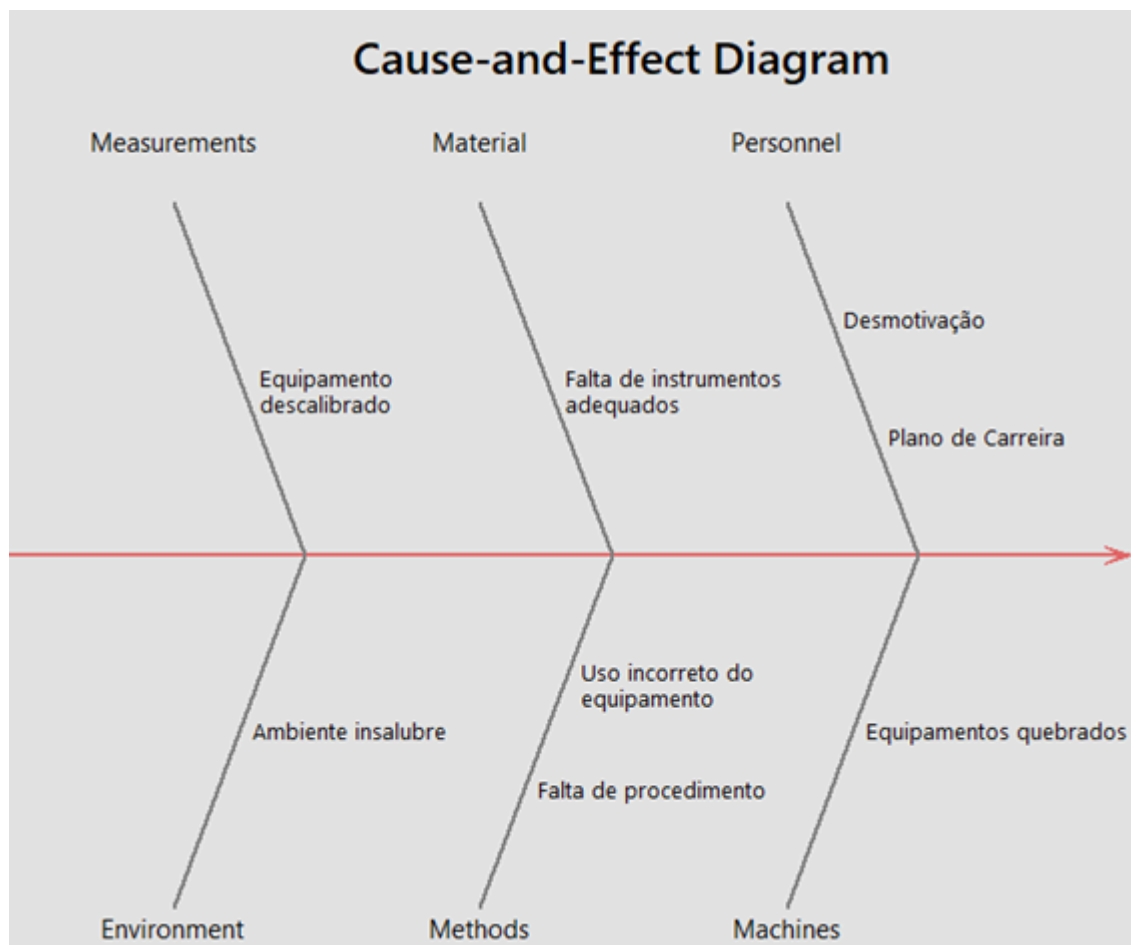
Após isso deve ser utilizado o seguinte caminho: **Estat>> Ferramentas de Qualidade >> Causa e Efeito**



E então basta organizar os dados na respectiva coluna conforme imagem abaixo:



E clicando em “OK” será gerado o diagrama de causa e efeito:



➤ Gráfico de Dot Plot no Minitab

O Diagrama de Pontos (também conhecido como gráfico Dot Plot), é um gráfico de frequência que visa ilustrar a distribuição e características de um pequeno número de dados individuais, constituídos de, no máximo, entre 20 e 30 dados. A partir de sua análise, pode-se perceber valores máximo, mínimo e simetria, além de identificar a localização dos dados com relação a uma média nominal determinada.

O gráfico Dot Plot é uma alternativa ao Histograma. A diferença entre estas duas distribuições se dá pelo número de dados utilizados. Enquanto o Dot Plot representa um número de dados pequenos e individuais, o Histograma utiliza grande quantidade de dados em conjunto, sendo ordenados em intervalos de dados.

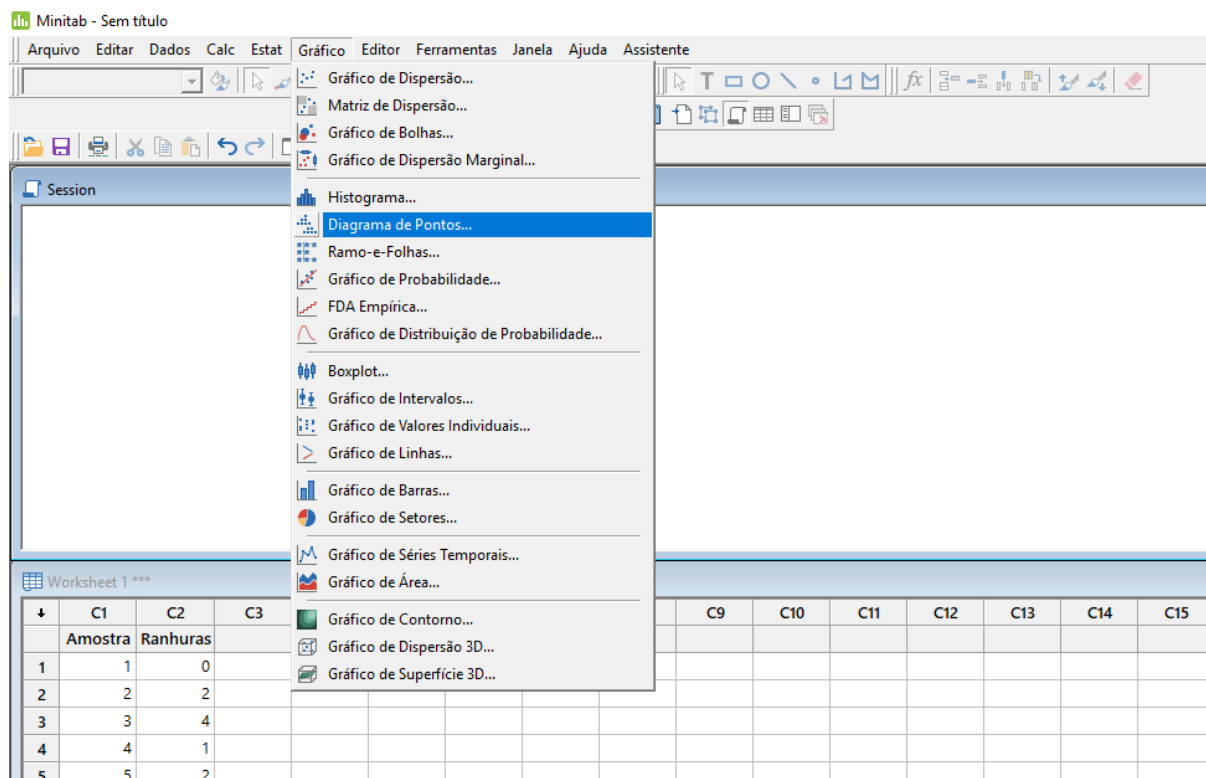
Para uma melhor visualização das informações acima descritas, vamos tomar como base o seguinte exemplo, o qual foi elaborado a partir de dados fictícios.

Exemplo. Imagine que você é o responsável pelo departamento de qualidade de uma fábrica de molas para peças automotivas. Recentemente, a sua empresa está recebendo muitas reclamações com relação aos produtos danificados. Após a realização de um VOC (Voice of the Customer) e obtenção dos CTQs (Critical to Quality), percebeu-se que a presença de ranhura na parte externa da mola era um problema bastante corriqueiro. Desta forma, determinou-se verificar a quantidade de ranhuras existentes em 20 amostras. Os dados do estudo podem ser apresentados conforme abaixo:

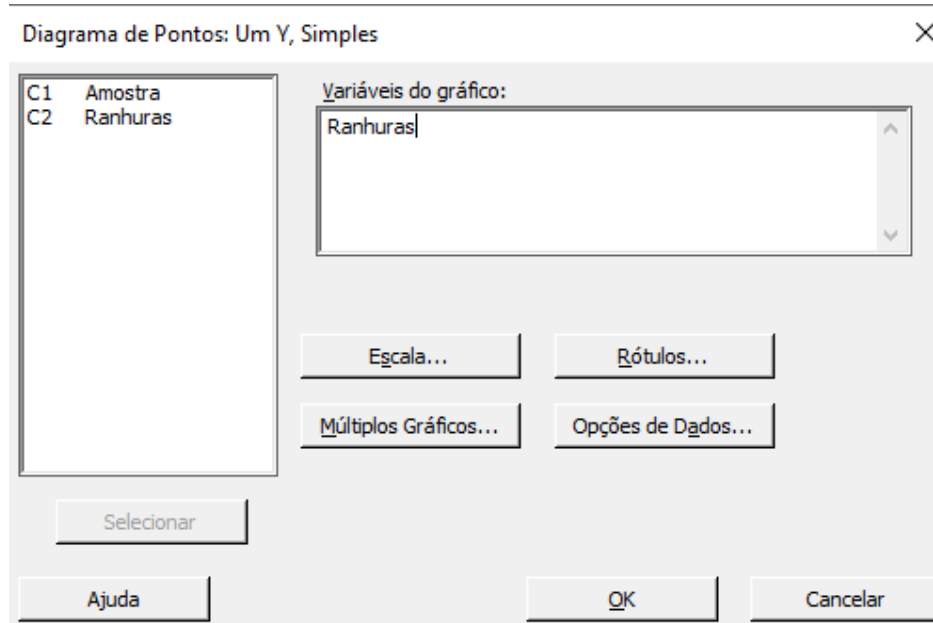
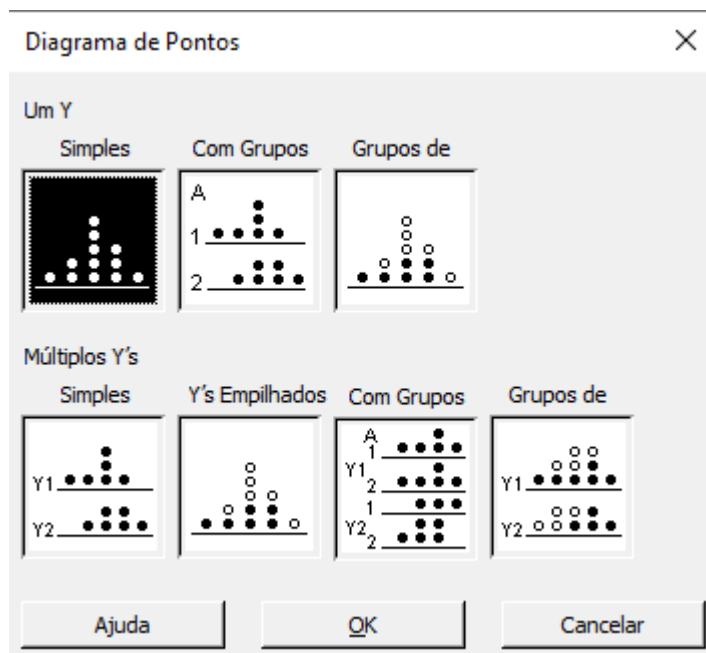
↓	C1	C2
	Amostra	Ranhuras
1	1	0
2	2	2
3	3	4
4	4	1
5	5	2
6	6	2
7	7	2
8	8	3
9	9	2
10	10	1
11	11	0
12	12	2
13	13	3
14	14	1
15	15	4
16	16	2
17	17	2
18	18	4
19	19	3
20	20	1

Com os dados acima, decidiu-se construir um gráfico de Dot Plot utilizando o Software Minitab. Para isso, toma-se os seguintes passos:

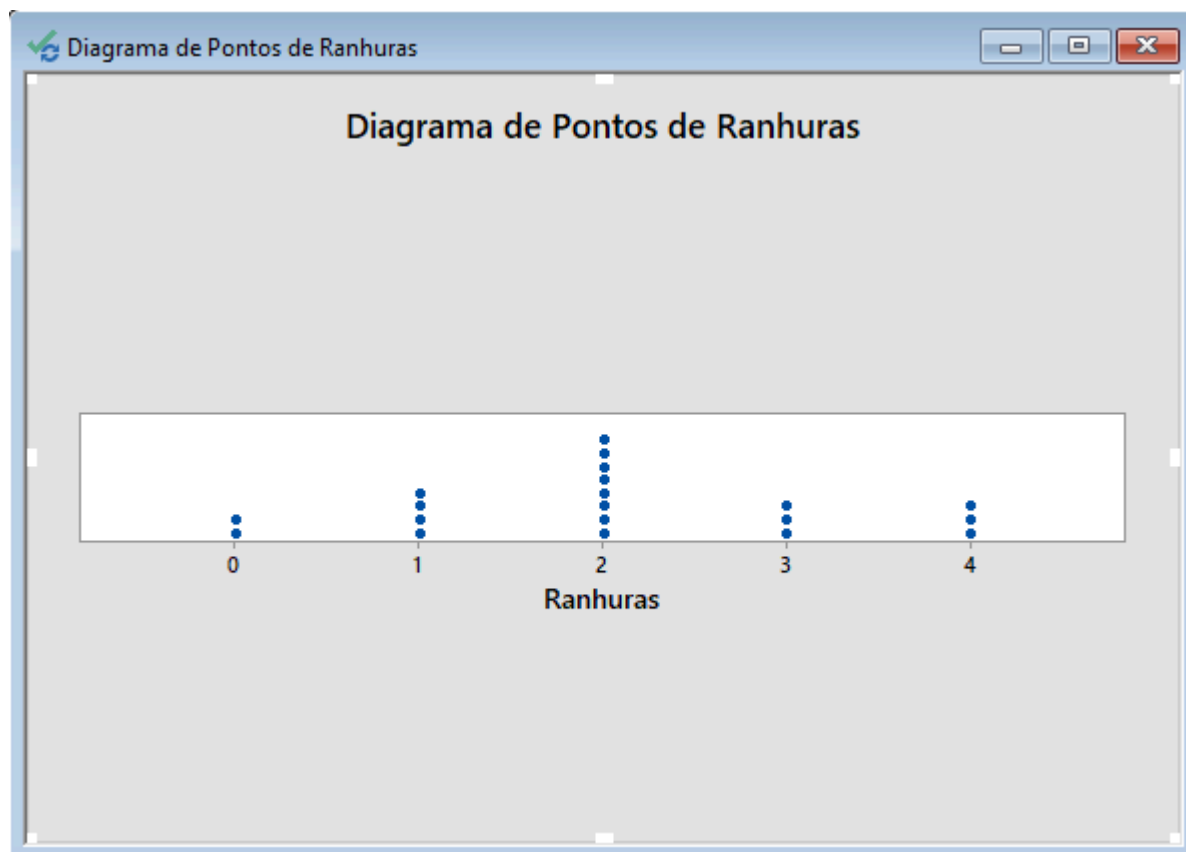
Graphs > Dot Plot



Como não há necessidade de estratificar os dados em dois ou mais cenários, deve-se seleccionar a opção: One Y > Single. Em seguida, uma nova aba se abrirá. Na lacuna em branco "Graph Variables", selecione a variável que deseja analisar.



Após estes procedimentos, o gráfico Dot Plot é gerado, conforme o gráfico abaixo:



A partir da análise do gráfico acima, percebe-se que há uma maior frequência de dados individuais em duas ranhuras. Além disso, pode-se verificar os valores máximo (4) e mínimo (0) do conjunto de dados.

Vale lembrar que, por se tratar de um conjunto de dados atributivos, não pode-se supor que há uma distribuição normal de dados pelo fato dos elementos não serem classificados como contínuos.

➤ Gráfico de Box Plot no Minitab

O gráfico de **Box Plot** (também conhecido como "**Gráfico de Bigode**" ou "**Diagrama de Caixa**") é uma ferramenta usualmente utilizada quando se deseja verificar alguns parâmetros estatísticos e característicos de uma série de dados em estudo. Este gráfico fornece como resultado informações como: **valores máximo e mínimo**, **amplitude amostral**, **quartis**, **mediana** e **outliers** (valores atípicos que se distanciam significativamente da massa de dados). A partir destes parâmetros, pode-se ter uma ideia de como a distribuição de dados se comporta, ou seja, sua **simetria**, **dispersão** (ou **variabilidade**) e ocorrência de **caudas**.

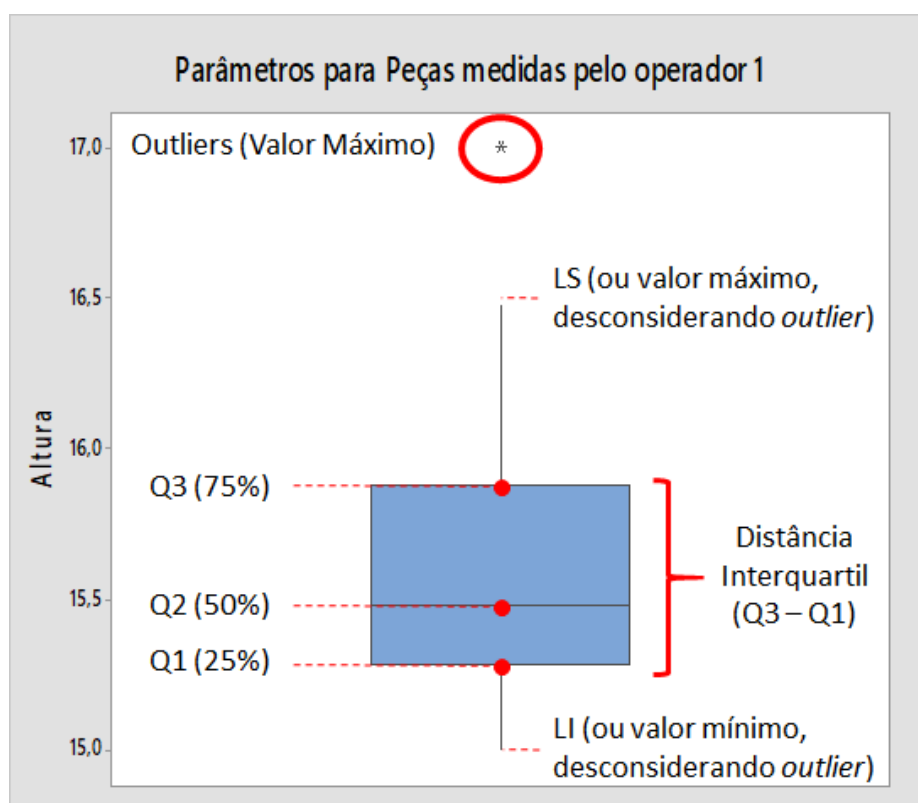
Porém, sua utilização não é aplicada quando se deseja obter a média amostral ou o desvio padrão da mesma. Sendo assim, o gráfico de Box Plot é usualmente acompanhado de um histograma, contribuindo para uma visualização mais correta da distribuição dos dados.

O gráfico de Box Plot consiste em ser um **retângulo** que é formado pelos parâmetros de quartis (Primeiro Quartil - Q1, Segundo Quartil - Q2 - também chamado de **mediana**, Terceiro Quartil - Q3). O Q1 e Q3 representam, respectivamente, 25% e 75% dos dados amostrais, e estes são os "limites" do perímetro do retângulo. O Q2, por sua vez, representa a mediana e 50% dos dados amostrais, estando localizado no interior do retângulo, entre Q1 e Q3. A partir do retângulo, na sua parte inferior (Q1), uma linha é traçada até o ponto mais remoto que não seja menor que o **limite inferior (LI)**. De modo similar, a partir da parte superior do retângulo (Q3), uma linha é traçada até o ponto mais remoto que não exceda o **limite superior (LS)** (Figura 1). O cálculo para o limite superior e inferior são apresentados abaixo:

$$LI = Q1 - 1,5 * (Q3 - Q1) = Q1 - 1,5 * (\text{Distância Interquartil})$$

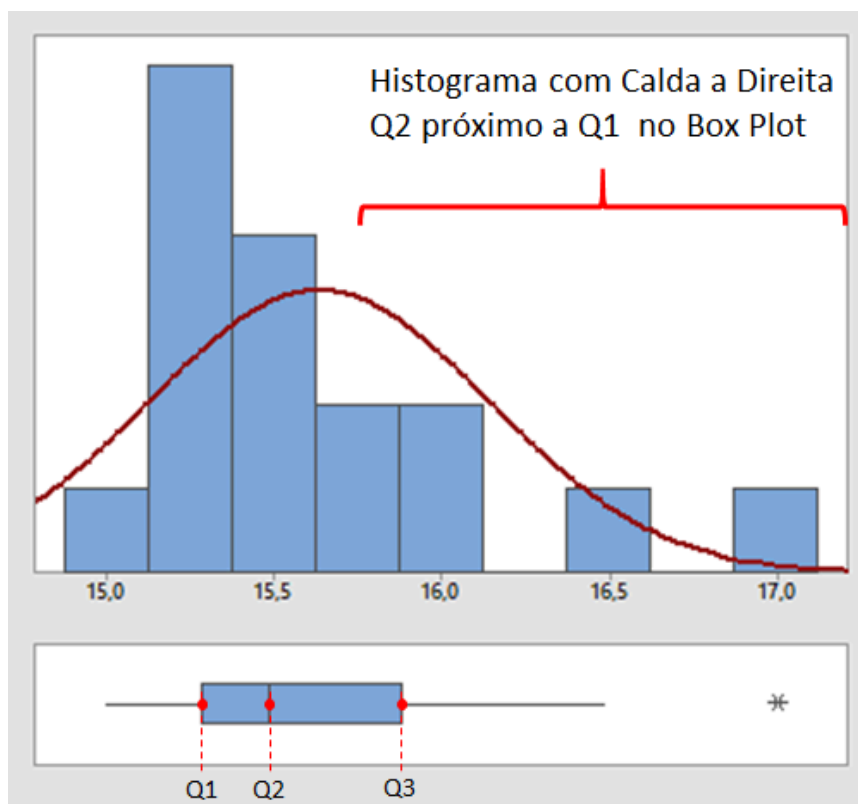
$$LS = Q3 + 1,5 * (Q3 - Q1) = Q3 + 1,5 * (\text{Distância Interquartil})$$

Figura 1. Exemplo de Box Plot



A partir da análise de um gráfico de Box Plot, pode-se observar algumas características dos dados, conforme citados abaixo:

- **Variabilidade:** Pode ser analisada conforme a distância interquartil ($Q3 - Q1$). Quanto maior for o valor desta distância, maior será a variabilidade dos dados.
- **Simetria:** O conjunto de dados pode ser considerado simétrico quando a posição da linha do Segundo Quartil ($Q2$) estiver exatamente no meio do retângulo, ou seja, aproximadamente entre $Q1$ e $Q3$ a uma distância igual entre estes dois quartis.
- **Outlier:** Caracteriza-se por ser dados atípicos (ou destoantes) em comparação ao conjunto amostral. Comumente são oriundos de erros de observação e arredondamento.
- **Cauda:** Uma cauda ocorre necessariamente quando o conjunto de dados segue uma distribuição não simétrica, ou seja, quando $Q2$ está muito próximo de $Q1$ ou $Q3$. Quando mais próximo o $Q2$ estiver de $Q1$, uma cauda a direita ocorrerá na distribuição de dados. A assim para o caso oposto. Quanto mais próximo $Q2$ estiver de $Q3$, uma cauda a esquerda ocorrerá na distribuição de dados. Este fenômeno pode ser visualizado de acordo com um histograma (Figura 2).



Com o intuito de introduzir à como construir um gráfico Box Plot utilizando o Software Estatístico Minitab, vamos partir o seguinte exemplo:

Exemplo. Uma fábrica produtora de molas para o setor automobilístico está realizando um estudo para verificar como o seu sistema de medição está operando atualmente. O gestor do departamento de qualidade resolveu aplicar um teste comparativo entre dois operadores na fase de inspeção final do produto, antes deste ser expedido para o cliente. Dentre outras ferramentas que foram utilizadas, a equipe de qualidade resolveu desenvolver um Box Plot para averiguar se o sistema de medição altera significativamente entre os operadores. Os dados obtidos foram apresentados conforme a Tabela 1 abaixo:

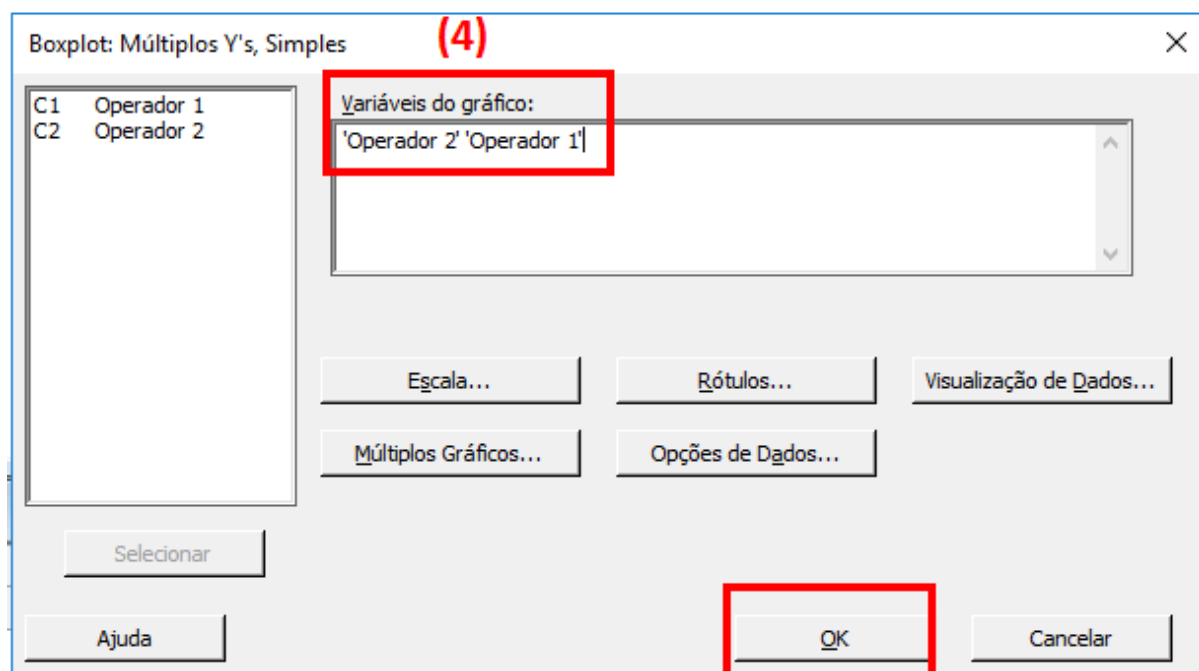
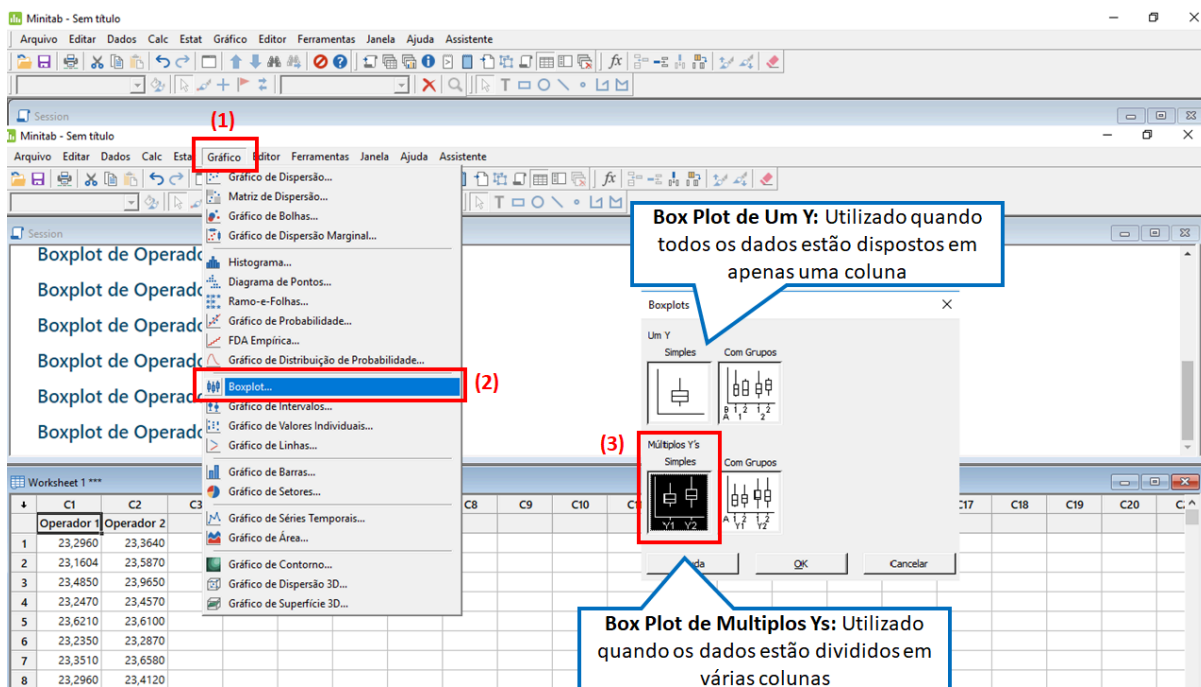
Tabela 1. Comparação entre os valores obtidos na medição de molas entre dois operadores

↓	C1	C2
	Operador 1	Operador 2
1	23,296	23,3640
2	23,164	23,5870
3	23,485	23,9650
4	23,247	23,4570
5	23,621	23,6100
6	23,235	23,2870
7	23,351	23,6580
8	23,296	23,4120
9	23,354	23,8560
10	23,854	23,4100
11	23,968	23,5120
12	23,145	23,1260
13	23,985	23,2150
14	24,865	23,0240
15	23,284	23,5362
16	23,450	23,1030
17	22,896	23,1360
18	23,542	23,1120

Para a construção do Box Plot no Minitab, deve-se seguir os seguintes passos (Figura 3):

Graphs > Box Plot > Multiple Ys Single

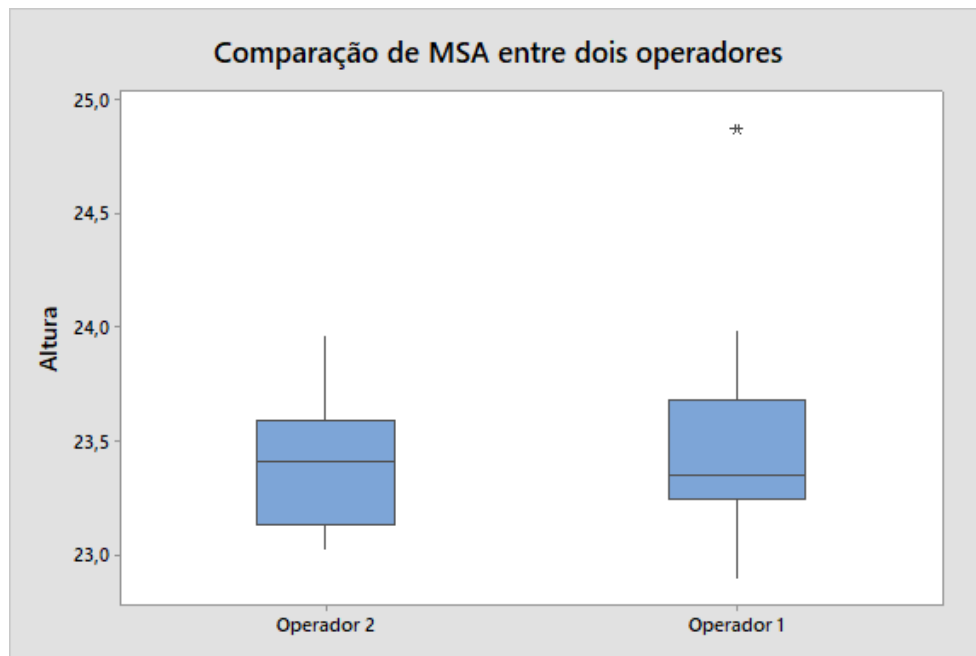
Figura 3. Passos para construção de um Box Plot em Minitab



(5)

Como resultado, o seguinte gráfico de Box Plot é gerado (Figura 4). Pode-se perceber que, mesmo o Operador 1 apresentando um ponto de *outline*, não há diferenças significativas com relação a dispersão e distribuição dos dados. Desta forma, pode-se concluir o sistema de medição, pela análise de Box Plot, são praticamente iguais entre os dois operadores.

Figura 4. Comparação da distribuição dos dados entre os operadores



Estatísticas Descritivas

➤ Cálculo dos Quartis

Para o cálculo dos quartis é necessário que o conjunto de dados esteja ordenado. Assim, fazemos uma classificação dos números colocando-os do menor para o maior.

Primeiramente vamos definir a **mediana (Q2)** do conjunto de dados. Para obtê-la, somamos os dois números do meio e dividimos por dois, quando a quantidade de números N que estamos avaliando for par ou escolhemos o número do meio caso N seja ímpar.

Temos algumas fórmulas para descobrir a posição do número que representa **25% (Q1)** e **75% (Q3)**, onde o K representa a **posição** do número.

$$K_{Q1} = \frac{N + 1}{4}$$

$$K_{Q2} = \frac{N + 1}{2}$$

$$K_{Q3} = \frac{3(N + 1)}{4}$$

Podemos encontrar uma posição com números decimais como 9,25 por exemplo. Nestes casos, vamos pegar o **número inteiro da posição** e encontrar o valor correspondente, ou seja, a posição 9.

Para encontrar o valor do Quartis fazemos:

Valor do Quartil = **Posição 9** + 0,25*(**Posição 10 - Posição 9**)

O número 0,25 seria referente a **parte decimal** que havíamos encontrado anteriormente (**posição 9,25**).

Vamos calcular um exemplo agora, onde temos uma tabela com 16 dados (N = 16):

D	
1	
2	
3	
4	← Posição 4
5	← Posição 5
6	
7	
8	← Posição 8
9	← Posição 9
10	
11	
12	← Posição 12
13	← Posição 13
13	
30	

$K(Q1) = (N + 1)/4 = (16+1)/4 = 4,25$ -> a posição do primeiro quartil é 4,25, ou seja, o valor do quartil é posição 4 + 0,25 da (posição 5 - posição 4)

$$Q1 = \text{posição } 4 + 0,25 * (\text{posição } 5 - \text{posição } 4) = 4 + 0,25(5-4)$$

$$Q1 = 4,25$$

Como temos um número par de dados o nosso Q2 (mediana) seria:

$$Q2 = 8 + 9 = 8,5$$

$K(Q3) = 3(N+1)/4 = 3*(16+1)/4 = 12,75$ -> a posição do terceiro quartil é 12,75, ou seja, o valor do quartil é a posição 12 + 0,75 da (posição 13 - posição 12)

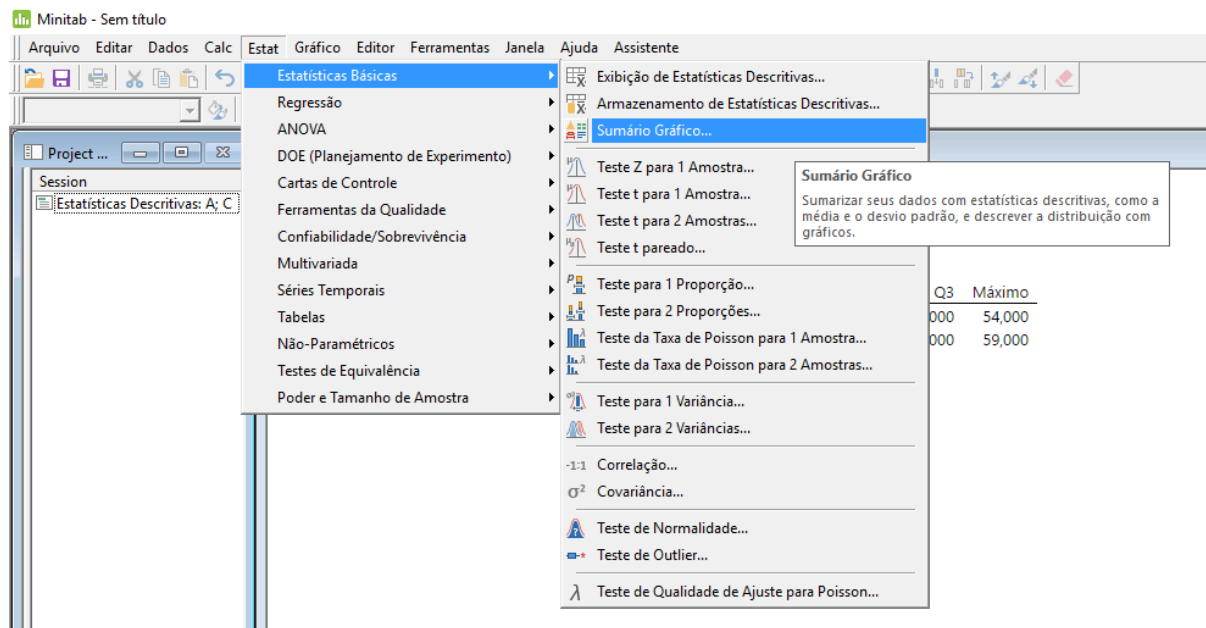
$$Q3 = \text{posição } 12 + 0,75 * (\text{posição } 13 - \text{posição } 12) = 12 + 0,75*(13-12)$$

$$Q3 = 12,75$$

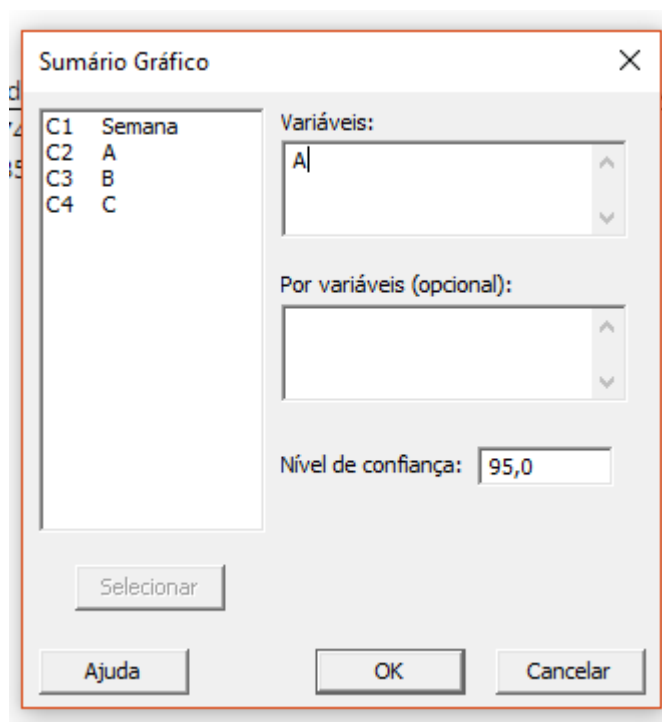
➤ Sumário Gráfico no Minitab

Outra maneira de analisar seus dados para obter a visão estática é o Sumário Gráfico. Ele apresenta diversas estatísticas descritivas bem como um [Histograma](#) e [Box Plot](#) de seus dados.

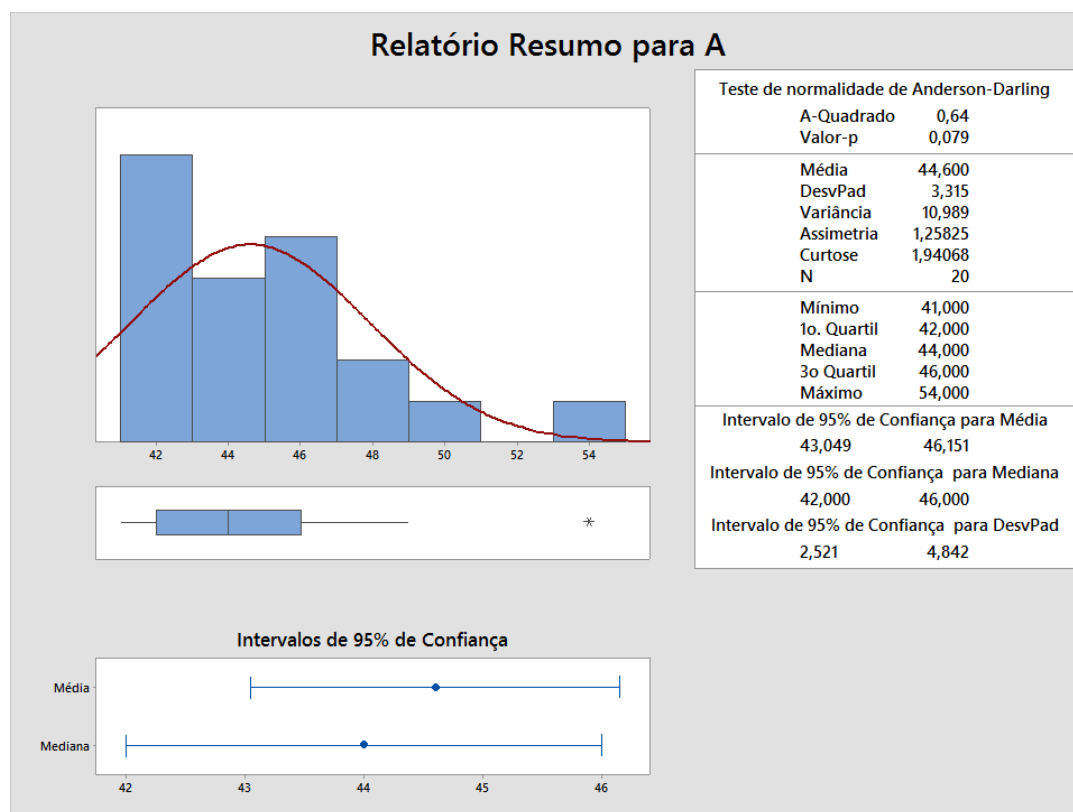
No Minitab, basta seguir o caminho **Estat>Estatísticas Básicas>Sumário Gráfico**:



E selecionar a coluna com seus dados:



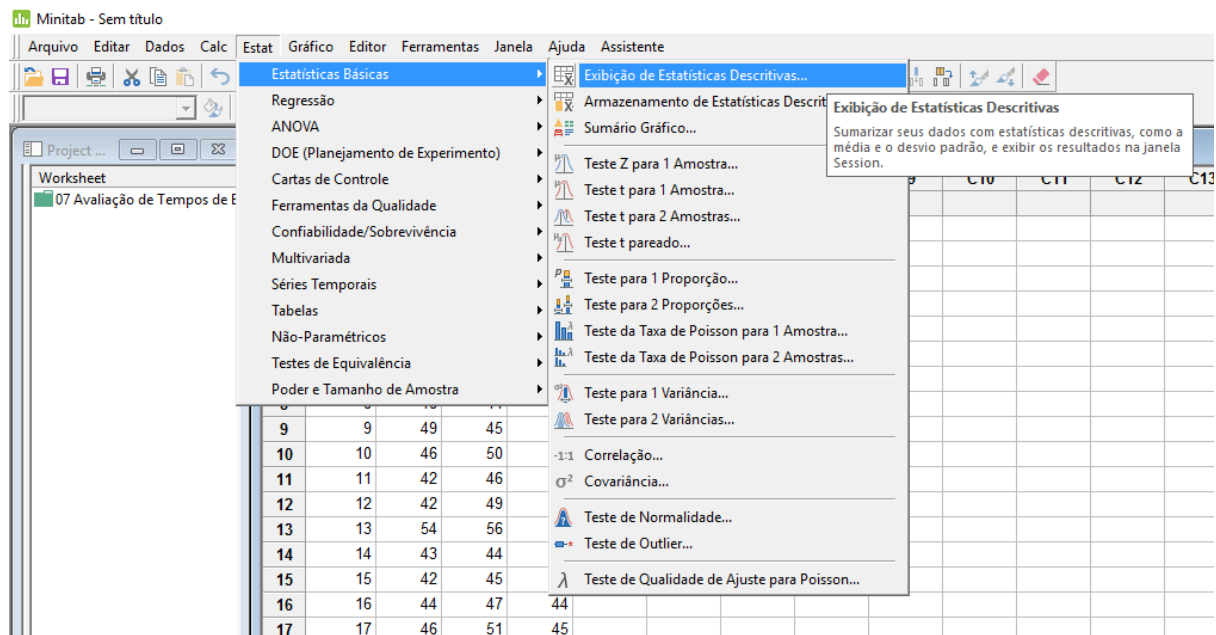
O Sumário Gráfico de seus dados é gerado:



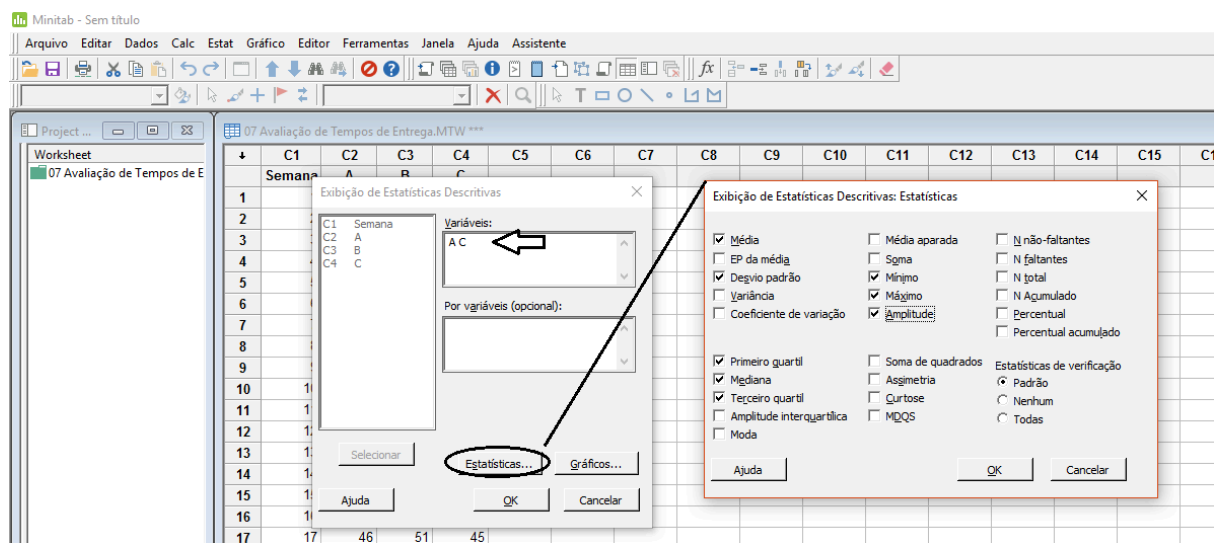
➤ Estatísticas descritivas no Minitab

Estatísticas descritivas são, como o nome indica, informações sobre seu conjunto de dados que os descrevem com o que chamamos de "visão estática". Dentre as principais estatísticas descritivas temos média, desvio padrão, mediana, primeiro quartil, segundo quartil, mínimo, máximo e amplitude.

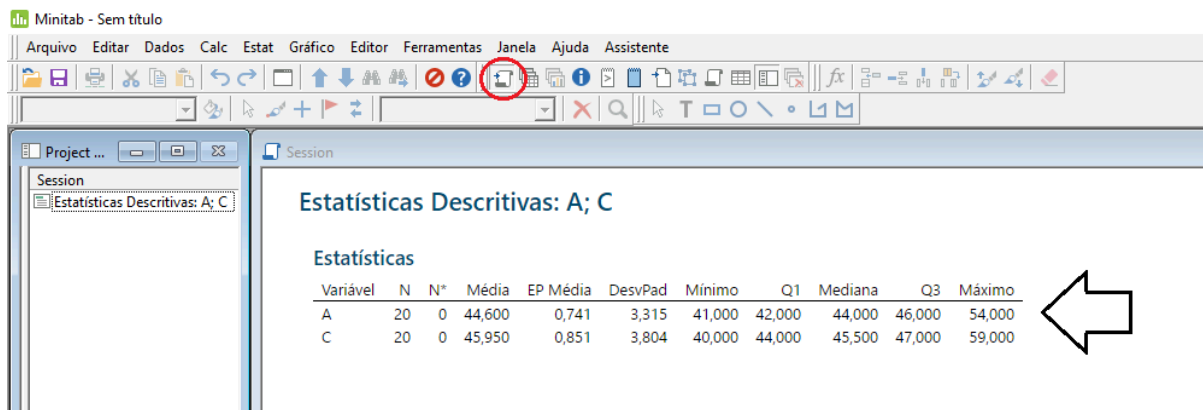
No Minitab somos capazes de obter todas essas informações e diversas outras de maneira muito simples. Basta seguir o caminho **Estat>Estatísticas básicas> Exibição de estatísticas Básicas:**



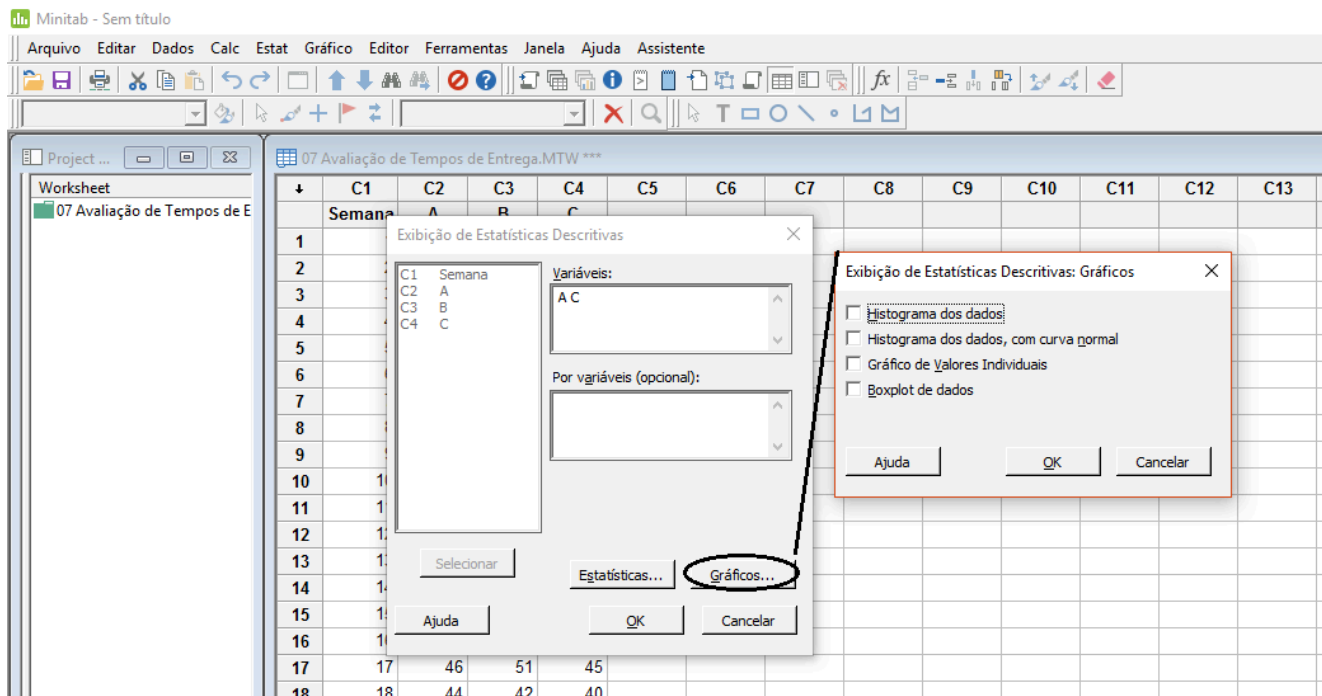
No menu aberto, basta selecionar os dados que se deseja ter as estatísticas descritivas, clicar no botão **Estatísticas** e selecionar dentre as opções:



Após selecionar, clique em **OK**. As informações surgirão na aba **Session** (no "pergaminho", destacado em vermelho na figura):



Na opção **Gráficos**, ainda é possível selecionar alguns gráficos que auxiliam na visualização dos dados (visualização ainda dentro da visão estática), como **Histograma** e **Box Plot**:



ANOVA & Teste de Hipóteses

➤ Como fazer uma ANOVA de comparação de médias no Minitab?

Quando queremos comparar especificações entre dois itens ou mais itens (matérias-primas, produtos, tratamentos e etc.) podemos utilizar a ANOVA.

Anova significa Analysis Of Variance e a utilizando você poderá verificar se os itens que estão sendo comparados possuem médias estatisticamente semelhantes ou não.

Como padrão, ela utiliza as seguintes hipóteses:

- **H₀**: Médias são semelhantes entre os itens de comparação.
- **H_A**: Médias não são semelhantes estatisticamente.

E basicamente, vamos utilizar o p-valor para aceitá-la ou rejeitá-la:

P-valor $\geq 0,05$: Aceita-se a hipótese **H₀**, ou seja, os itens possuem médias ou variâncias semelhantes entre si.

P-valor $< 0,05$: Rejeita-se a hipótese **H₀**, ou seja, os itens possuem médias ou variâncias não são semelhantes entre si (itens são distintos).

Abaixo há o exemplo do tempo de downloads para dois provedores distintos (**Tabela 1**).

Então nosso objetivo aqui é verificar se há diferenças significativas entre o tempo de download entre um e outro provedor a fim de escolher um provedor melhor.

Para isso, foram realizados vários downloads de forma aleatória

Tabela 1: Tempo de download de provedores.

Medição	Provedor	Tempo
1	A	17,2
2	A	16,9
3	A	16,8
4	A	17,2
5	A	17,3
6	A	17,1
7	A	17,2
8	B	17,1
9	B	17,2
10	B	17,3
11	B	17,5
12	B	17,2
13	B	17,1
14	B	16,9
15	B	17,3

Podemos colocar estes dados no Minitab utilizando uma coluna para o tempo de download e uma coluna para o tipo de provedor.

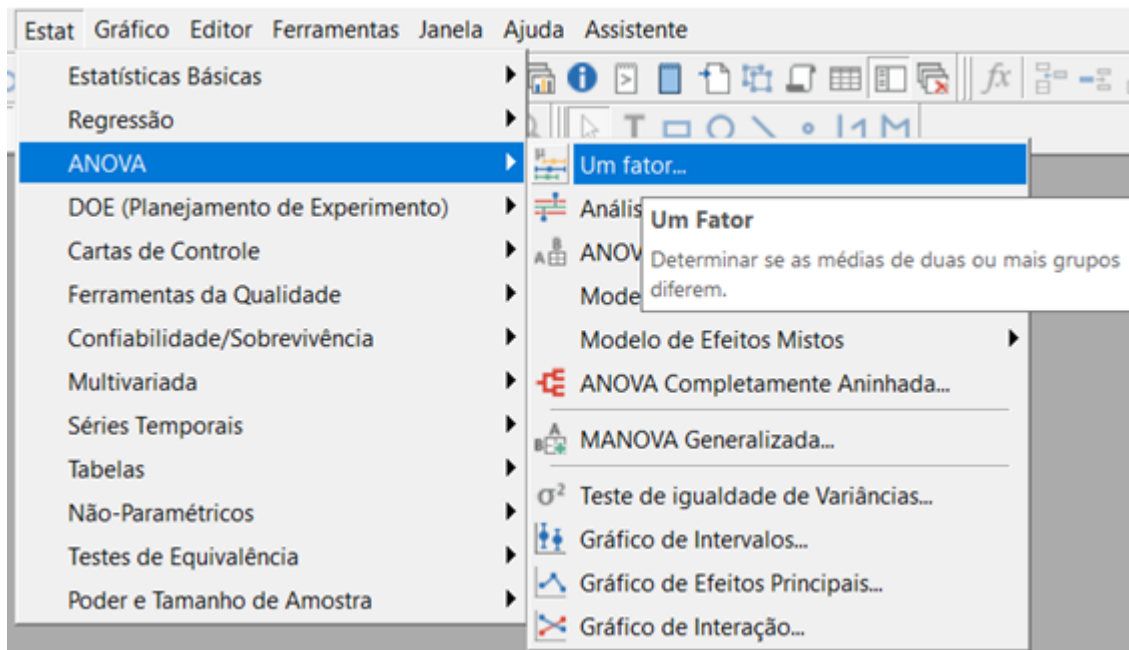
Imagem 1: Organização dos dados no Minitab.

↓	C1-T	C2
	provedor	tempo
7	A	17,2
8	B	17,1
9	B	17,2
10	B	17,3
11	B	17,5
12	B	17,2
13	B	17,1
14	B	16,9
15	B	17,3

Então utilizando o caminho:

Estat (Stat em inglês) > ANOVA / ANOVA > Um fator (One-way em inglês)

Imagem 2: Imagem do caminho para realização da ANOVA para a média.



Então será aberta uma nova janela.

E, basicamente, devemos inserir a nossa variável numérica na resposta, pois nela iremos verificar o tempo de download.

Já, no fator, devemos inserir a coluna que contém a diferenciação entre os itens analisados (se aquelas respostas correspondem ao provedor A ou B).

Imagem 3: Configuração da ANOVA para a média.



Após configurar, clicando em "OK", serão gerados o gráfico de intervalos (**Imagem 5**) e os dados com o p-valor no pergaminho (**Imagem 4**).

Imagem 4: Dados gerados utilizando ANOVA para a média.

ANOVA com um fator: tempo versus provedor

Método

Hipótese nula	Todas as médias são iguais
Hipótese alternativa	Nem todas as médias são iguais
Nível de significância	$\alpha = 0,05$

Assumiu-se igualdade de variâncias para a análise

Informações dos Fatores

Fator	Níveis	Valores
provedor	2	A; B

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
provedor	1	0,03733	0,03733	1,16	0,302
Erro	13	0,42000	0,03231		
Total	14	0,45733			



Sumário do Modelo

S	R2	R2(aj)	R2(pred)
0,179743	8,16%	1,10%	0,00%

Médias

provedor	N	Média	DesvPad	IC de 95%
A	7	17,1000	0,1826	(16,9532; 17,2468)
B	8	17,2000	0,1773	(17,0627; 17,3373)

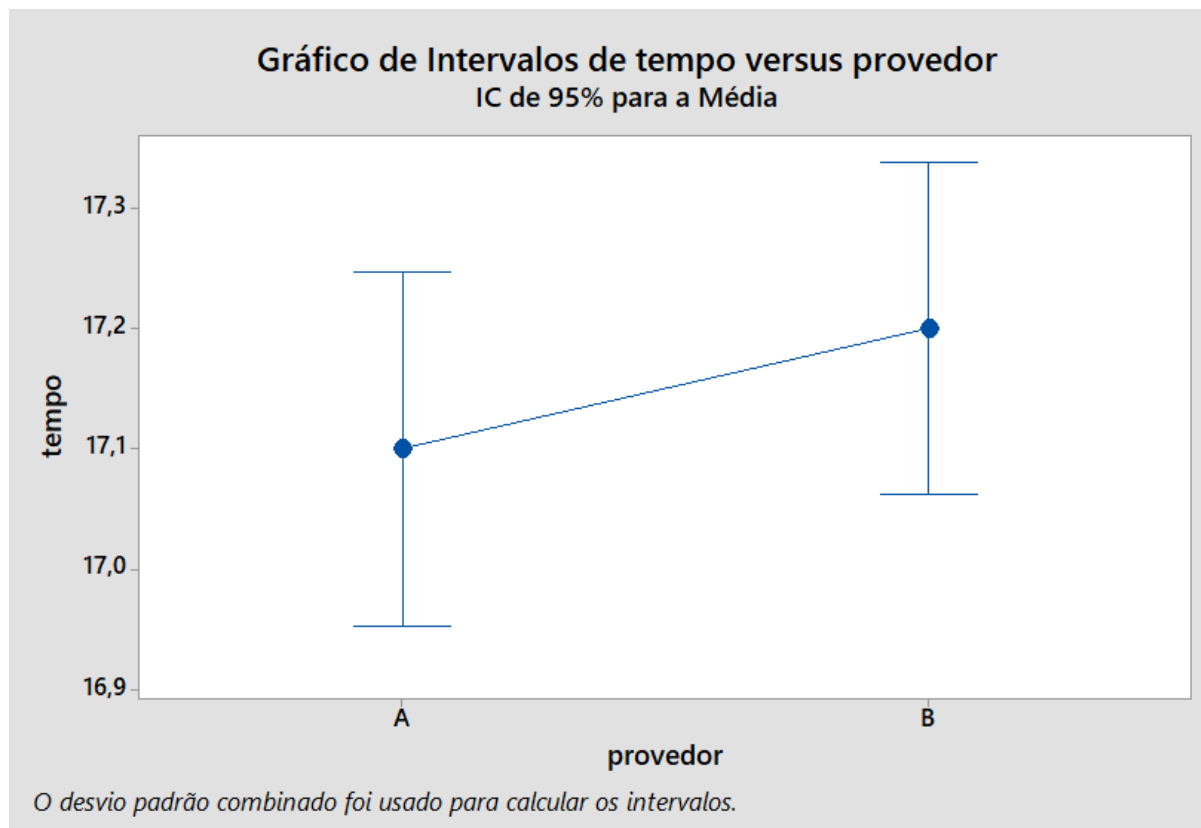
DesvPad Combinado = 0,179743
Model STDEV = 0,119743

Então no pergaminho, podemos encontrar o valor-p igual a 0,302. Isto nos indica que tanto o provedor A como o provedor B apresentam as mesmas médias estatisticamente (aceita-se a hipótese H0).

Como não há um provedor mais rápido que o outro estatisticamente, podemos então utilizar outros critérios para escolha de qual seria o melhor, como exemplo o custo, estabilidade e etc.

A informação de igualdade entre os provedores também pode ser verificada através do gráfico de intervalo, pois a sobreposição dos intervalos nos indica aceitação da hipótese H0.

Imagem 5: Gráfico de intervalos gerados pela ANOVA.



➤ Como fazer uma ANOVA de comparação de variâncias no Minitab?

Outra análise que podemos realizar para itens diferentes é a de variação. Aqui utilizaremos o ANOVA, só que desta vez para verificar as variâncias dos itens que estamos analisando.

Para este teste, utilizamos as seguintes hipóteses:

H0: Variâncias são iguais

HA: Variâncias dos itens são diferentes.

Lembrando que também utilizaremos valor-p para verificar se a hipótese nula é aceita ou não (**valor-p** maior ou igual a 0,05 aceita H0 e **valor-p** menor que 0,05 rejeita-se a hipótese).

Novamente, iremos tomar como exemplo o tempo de download de arquivos desenvolvido no artigo “Como realizar ANOVA para médias?”.

O objetivo aqui é identificar se há menor oscilação de valores para entre o servidor A e o servidor B e, como oscilação é semelhante a variação, iremos realizar o ANOVA para variâncias procurando verificar se há um servidor que tem uma maior oscilação ou se ambos são iguais.

Para isso foi realizado um experimento aleatorizado de download utilizando o servidor A e B e os dados podem ser encontrados na tabela abaixo (**Tabela 1**).

Tabela 1: Dados de tempo de download em segundos para cada servidor

provedor	tempo
A	17,2
A	16,9
A	16,8
A	17,2
A	17,3
A	17,1
A	17,2
B	17,1
B	17,2
B	17,3
B	17,5
B	17,2
B	17,1
B	16,9
B	17,3

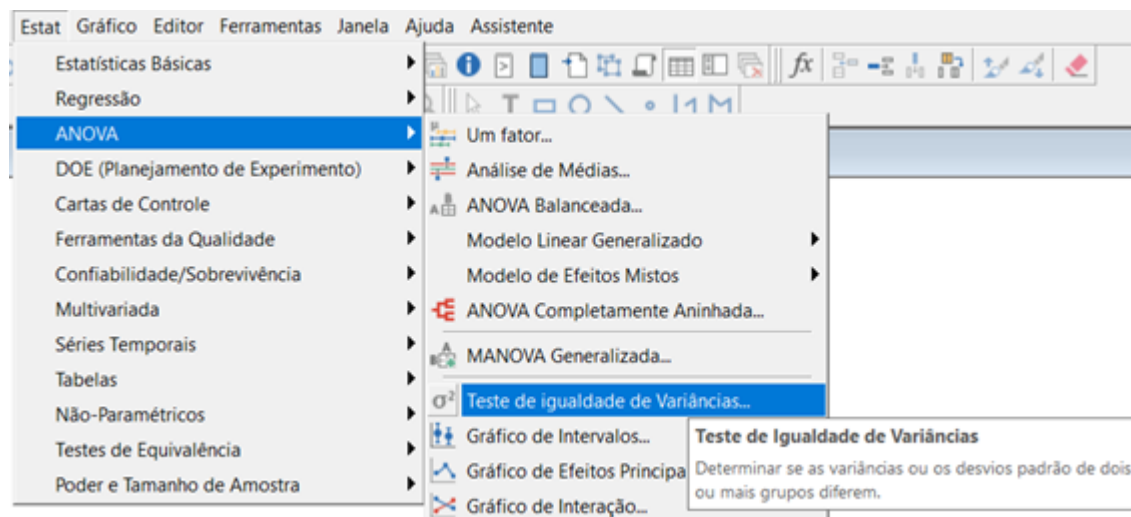
Então para começar a análise, devemos disponibilizar as informações no software Minitab conforme imagem abaixo.

Imagem 1: Modelo de disponibilização de dados no Minitab

	C1-T	C2
	provedor	tempo
1	A	17,2
2	A	16,9
3	A	16,8
4	A	17,2
5	A	17,3
6	A	17,1
7	A	17,2

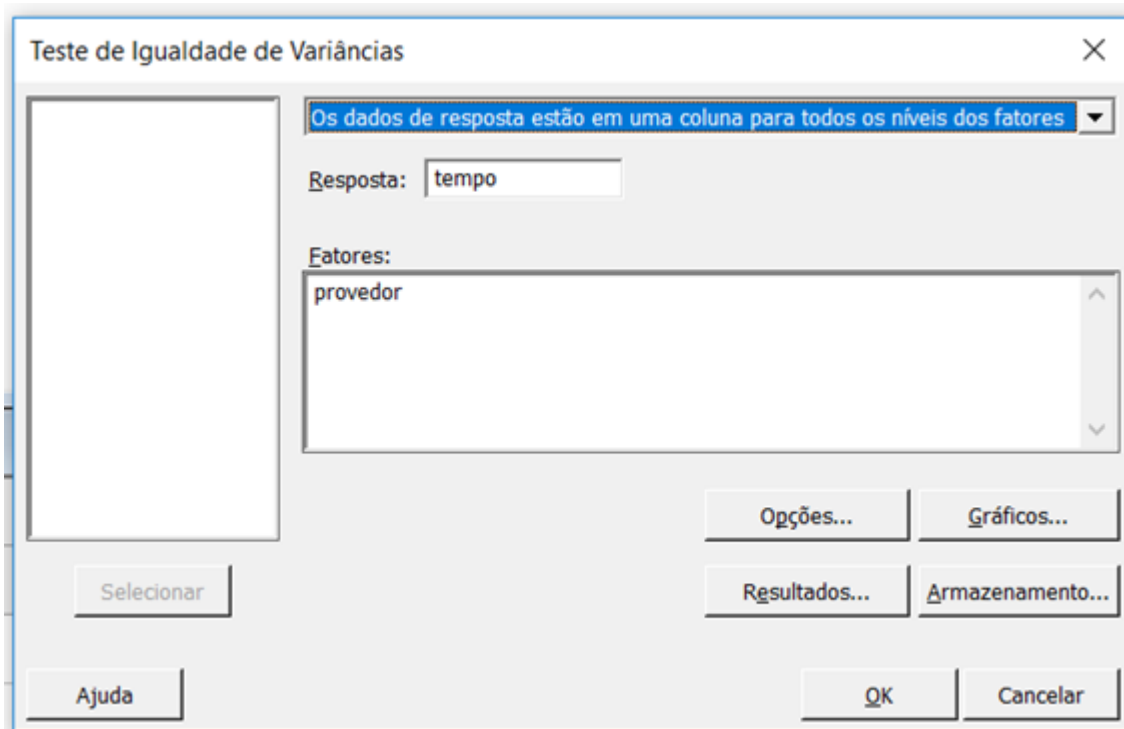
Uma vez disponibilizado, devemos utilizar o caminho: Stat->ANOVA ->Test for Equal Variances conforme **Imagem 2** abaixo:

Imagem 2: Caminho em português para realizar o teste de igualdade de variâncias no Minitab



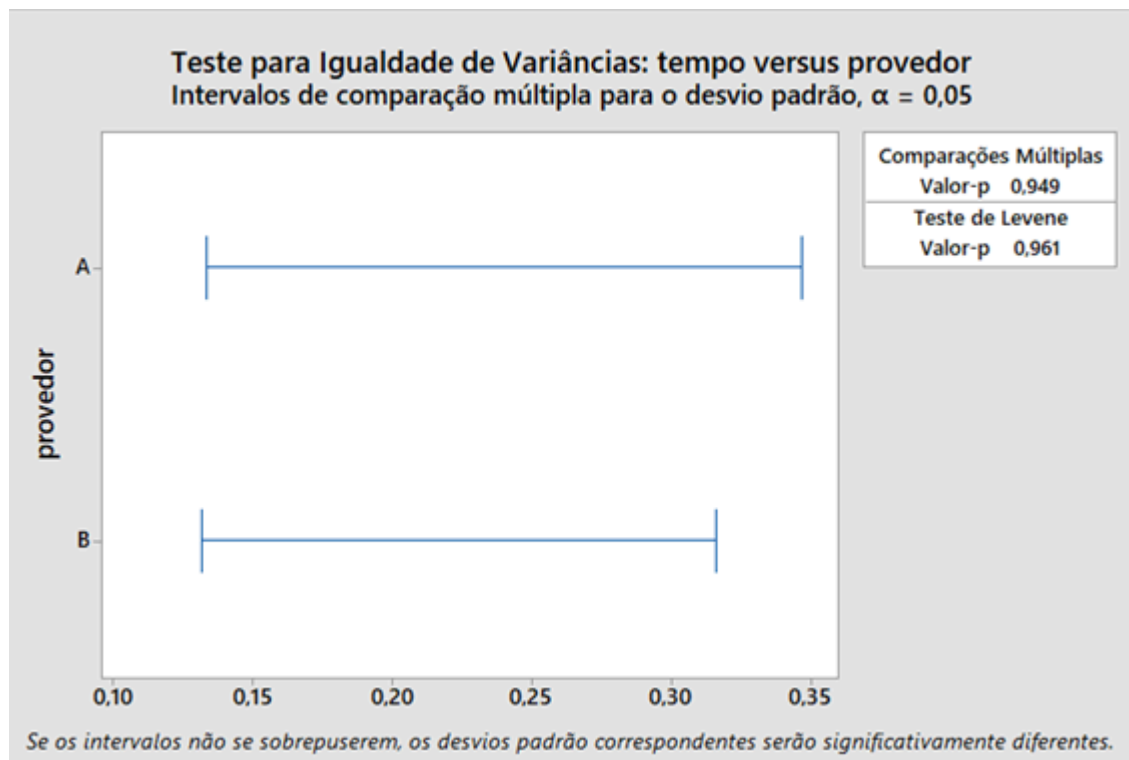
Ao clicá-lo, será aberta uma janela onde precisamos colocar nossa variável resposta que é o que estamos medindo (tempo) e os fatores que é o que diferencia cada valor um do outro (a coluna de provedores) conforme **Imagem 3** abaixo.

Imagem 3: Configuração do teste ANOVA para igualdade de variâncias



E clicando OK, será gerado o gráfico de intervalos (**Imagem 4**) que disponibiliza visualmente o intervalo de variação e demais dados no pergaminho.

Imagem 4: Gráfico de Intervalo para os tempos de download



Como pode ser observado tanto no gráfico, como no pergaminho abaixo (**Imagem 5**), temos dois teste de valor-p, o de Levene e o de Multiple Comparisons. Como o de Levene permite uma maior abrangência (serve casos meus dados sigam ou não uma distribuição normal) vamos considerá-lo.

Imagem 5: Pergaminho com dados utilizados para análise ANOVA

Teste de igualdade de variâncias: tempo versus provedor

Método

Hipótese nula	Todas as variâncias são iguais
Hipótese alternativa	No mínimo uma variância é diferente
Nível de significância	$\alpha = 0,05$

Intervalos de 95% de Confiança Bonferroni para os Desvios Padrão

provedor	N	DesvPad	IC
A	7	0,182574	(0,0623400; 0,786558)
B	8	0,177281	(0,0887255; 0,492096)

Nível de confiança individual = 97,5%

Testes

Método	Estatística de teste	Valor-p
Comparações múltiplas	—	0,949
Levene	0,00	0,961

Teste para Igualdade de Variâncias: tempo versus provedor

E, finalmente, podemos verificar que meu valor-p está bem maior que 0,05. Sendo assim, podemos considerar que não há diferenças de variação (desvio padrão) entre os servidores em relação ao tempo de download. Então, devemos adotar outros critérios como, por exemplo, o custo para a escolha do melhor servidor.

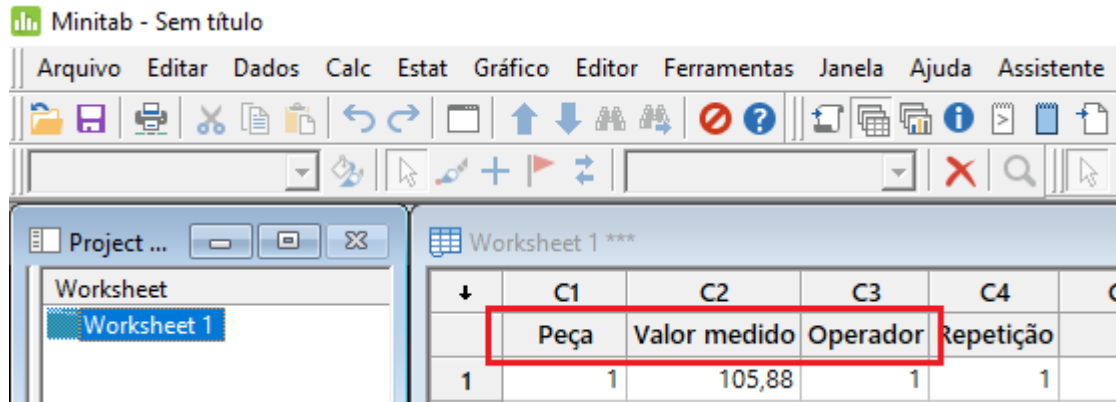
MSA

➤ Análise R&R no Minitab

Para uma análise de R&R (variação) do sistema de medição para variáveis numéricas, é necessário que sejam criadas colunas no arquivo com as informações:

- **Peça:** identificação da peça medida. Quando a mesma peça for medida, basta colocar o mesmo número de identificação.
- **Valor medido:** Valor obtido na medição da peça

- **Operador:** Identificação de qual operador realizou a medida. Caso apenas um operador faça parte do estudo, não é necessário criar essa coluna.

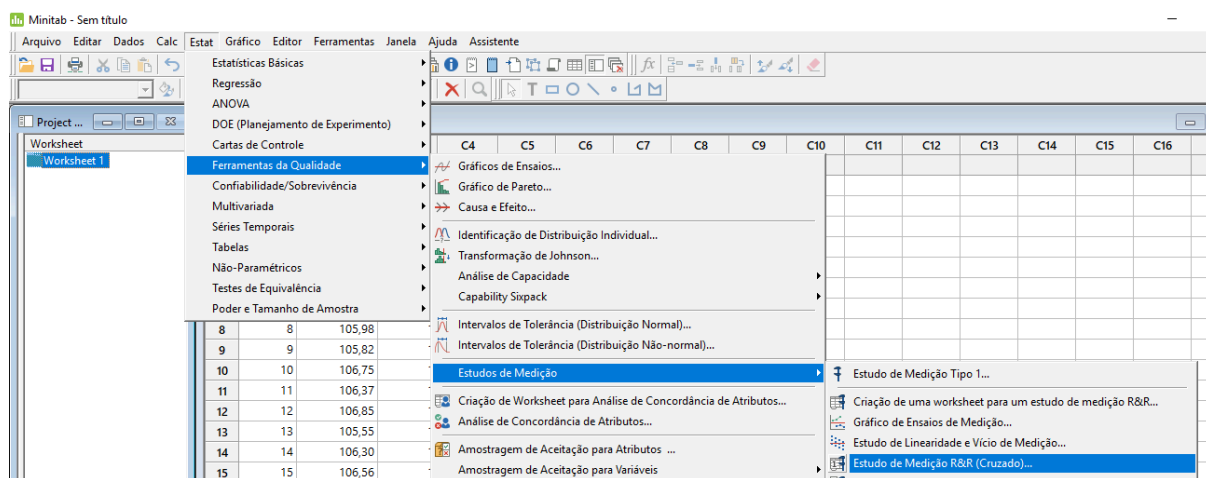


IMPORTANTE: As peças devem ser medidas aleatoriamente e os operadores não podem saber qual peça estão medindo! (apenas o organizador do estudo sabe qual a identificação da peça sendo medida e deve acompanhar a coleta de dados)

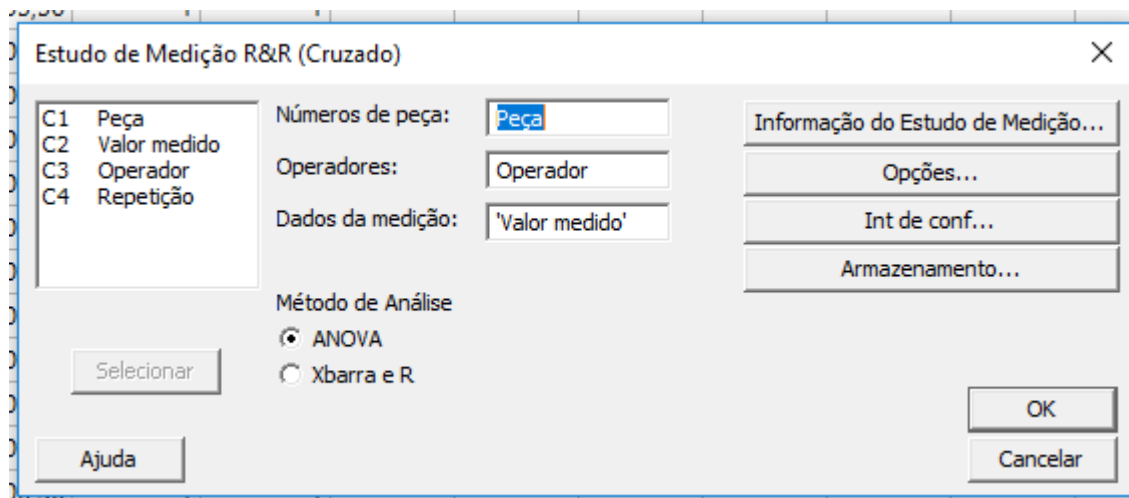
Como e com o que a peça é medida é parte vital do processo de medição e o procedimento deve ser estabelecido antes do estudo!

No exemplo deste artigo estudaremos como realizar a análise de um estudo CRUZADO (ou seja, um mesmo operador consegue medir a mesma peça mais de uma vez).

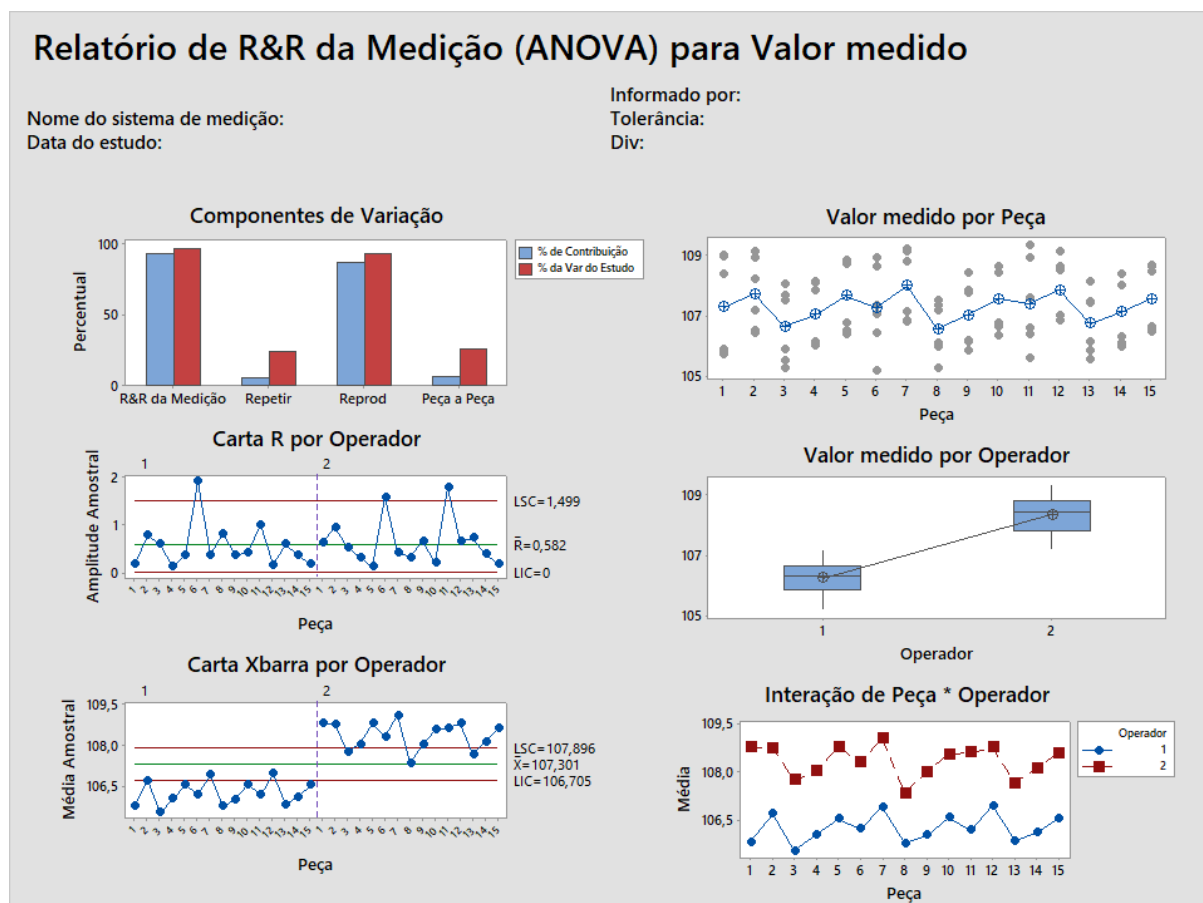
Uma vez preenchidas todas as informações, siga para a análise no Minitab em **Estat>Ferramentas de Qualidade>Estudo de Medição>Estudo de medição R&R cruzado:**



Configure os campos conforme abaixo:



Será gerado o gráfico abaixo, junto com um relatório da análise na aba *session*(pergaminho) do Minitab:

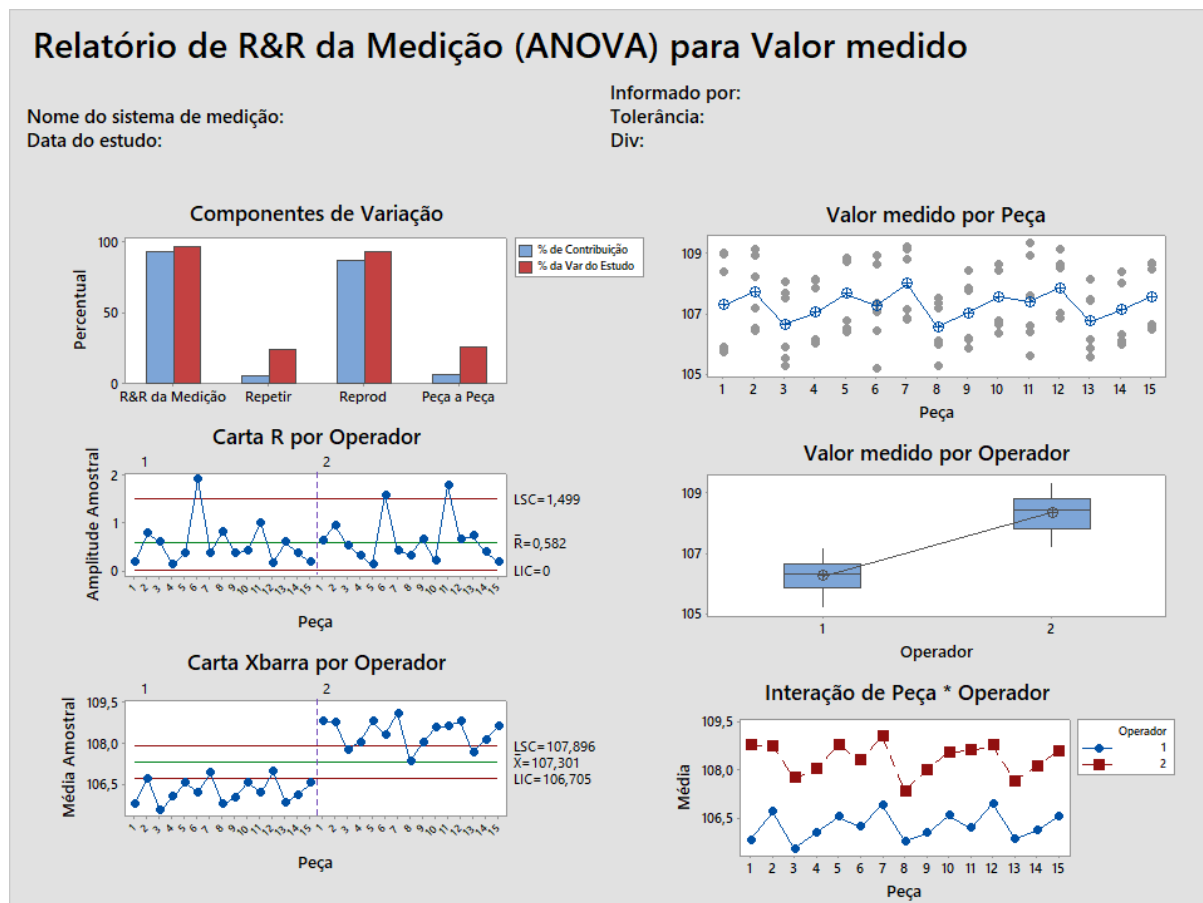


Veja em nossos outros artigos na [seção de MSA do EDTI Sensei](#) para ver como analisar os gráficos obtidos!

➤ **Como analisar o gráfico e relatório de análise R&R?**

Continuando o exemplo abordado no artigo anterior - [Análise R&R no Minitab](#)

O gráfico abaixo foi obtido:



- **Componentes de variação:** Aqui temos as já conhecidas componentes de variação.

As barras azuis correspondem a variância dos dados e as barras vermelhas correspondem ao desvio padrão dos componentes de variação. Ambos mostram a mesma informação, mas de maneira diferente. Reveja o conteúdo de MSA para saber qual delas utilizamos!

Varição total = Varição natural do processo + Varição do Sistema de Medição!

Do gráfico, a variação "peça por peça" representa a variação natural do processo, a variação "R&R" representa a variação do sistema de medição e ela pode ser dividida em duas componentes: **"Repe" e "Repro"**.

Observamos no exemplo acima que a variação do sistema de medição (SM) é muito grande comparada com a variação do processo, sendo o principal problema do SM a reprodutibilidade (ou seja, há diferenças entre como os operadores estão medindo as peças)

- **Carta R por Operador:** Carta de controle das amplitudes das medidas de uma mesma peça.

No exemplo, cada peça foi medida 3 vezes por cada operador e a amplitude das medidas de cada uma representa um ponto no gráfico. O processo é instável para os dois operadores, indicando que a ferramenta parece ser imprecisa em alguns casos e variar demais mesmo medindo a mesma peça.

- **X-barra por Operador:** ATENÇÃO! Essa não é uma carta de controle.

Aqui estamos comparando os limites de controle do gráfico R (que representa uma parte da variação do SM) com a variação dos dados obtidos (colocados como um gráfico de tendência). Seria como se colocássemos os dois gráficos juntos.

O ideal é, quando comparada a variação dos "limites de controle" com a variação mostrada nos dados, que o processo esteja "instável", indicando que a variação das medições é pequena comparada com a variação dos dados.

- **Valor medido por Peça:** Cada ponto cinza representa uma das 6 medidas de cada uma das peças (cada peça foi medida 3 vezes por cada um dos 2 operadores = 6 medidas por peça) e os pontos cruzados representam a média das medições de cada peça.

Nesse gráfico o caso ideal seria os pontos cinzas estarem sempre muito próximos dos pontos cruzados, indicando pouca variação nas medições.

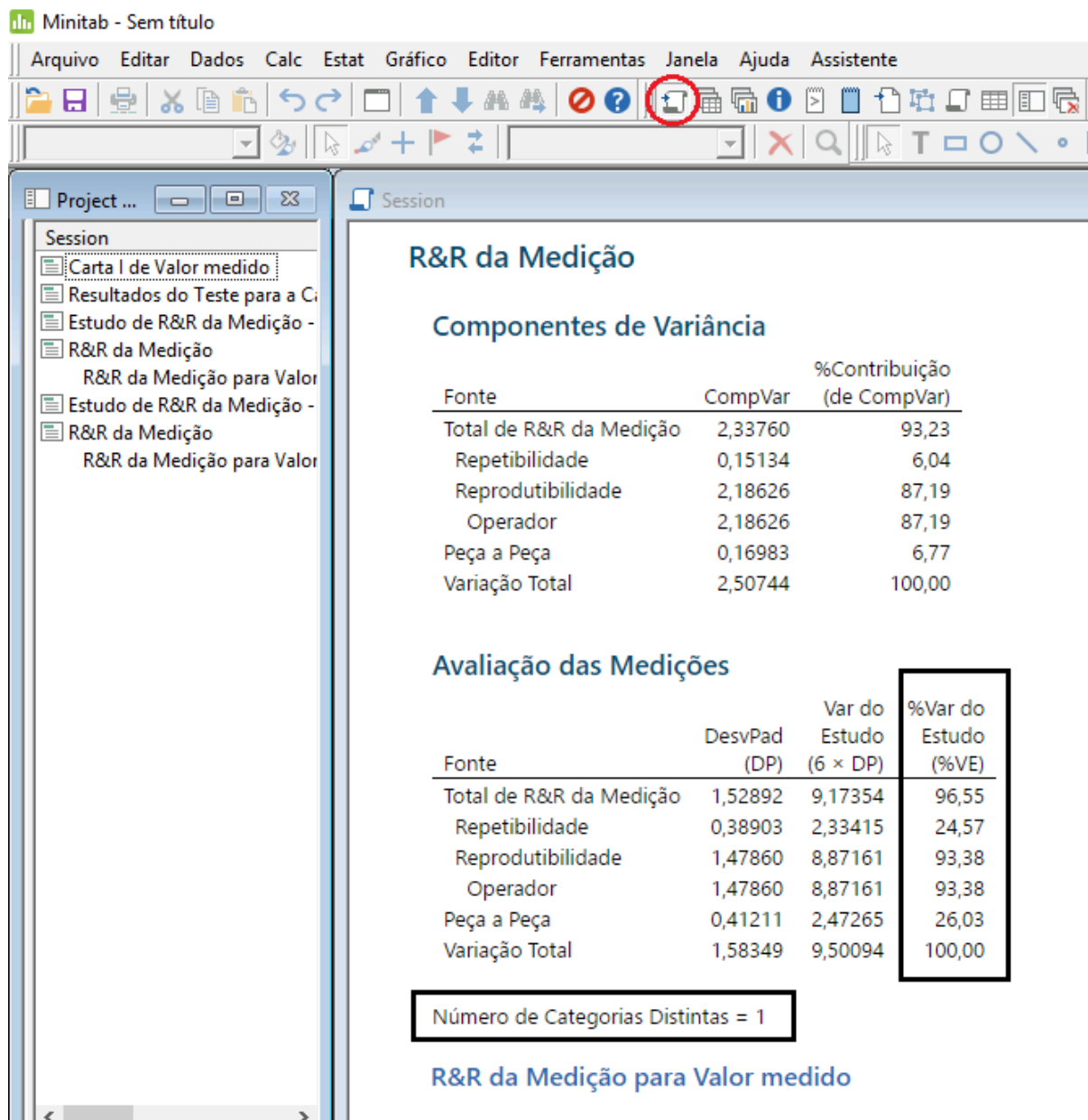
- **Valor medido por Operador:** Boxplot mostrando a distribuição das medidas feitas por cada operador. Observa-se que as medidas do operador 2 estão sempre acima das medidas do operador 1

- **Interação Peça por Operador:** Gráficos de tendência com a médias das medidas de cada peça feitas pelos operadores.

No exemplo, temos que o operador 2 sempre realizou medidas maiores que o operador 1.

A maioria das medidas seguem em "paralelo" com poucas vezes em que as tendências de um ponto para outro no gráfico foram em sentidos opostos (ex: peças 2 e 11)

Agora para o relatório na aba *session*(pergaminho) do Minitab:



Nosso SM é responsável por 96,55% da variação dos dados, sendo o principal problema a **reprodutibilidade** do sistema.

Critério de aceitação de um SM:

- **Varição R&R deve ser menor que 30%, sendo o desejado menor que 10%**
- **O número de categorias distintas deve ser maior que 4**

Portanto o SM não é aceitável.

Como vimos nos gráficos, há diferenças significativas nas medições feitas por operadores. Deve-se investigar o procedimento abordado por cada operador para coletar as médias para averiguar o motivo dessas diferenças.

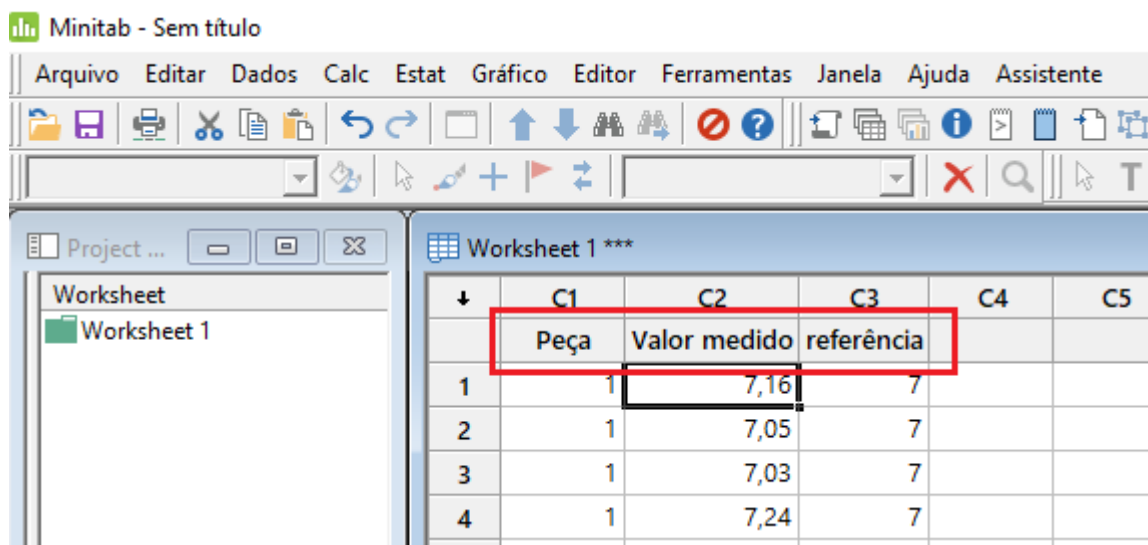
As causas especiais no gráfico R também mostram problemas na **repetibilidade** do SM e devem ser investigadas.

➤ Análise de viés no Minitab

Para a análise de **viés** (também chamada de **vício** ou **linearidade** se temos como medir peças de tamanhos diferentes) precisamos sempre de uma **peça padrão**, também chamada de peça Master. Ou seja, precisamos saber qual o valor esperado a ser medido, e essa é a peça que representa esse valor padrão.

Serão necessárias as informações:

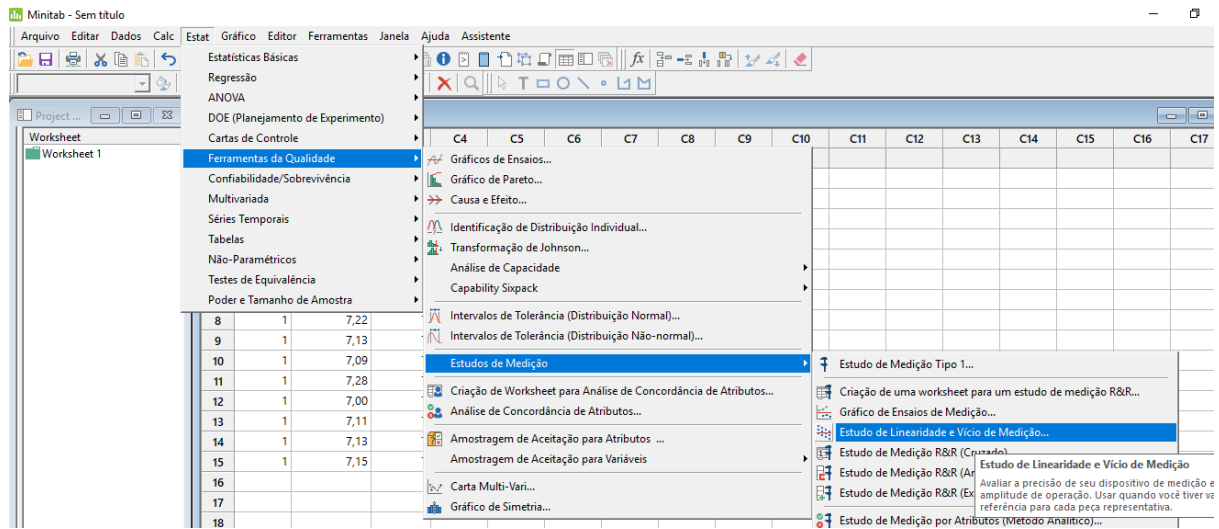
- **Peça:** identificação de qual peça foi medida. Se o estudo contém apenas uma peça padrão, então essa coluna terá apenas um único valor
- **Valor medido:** o valor que foi medido
- **Valor de referência:** o valor que sua peça padrão representa



	C1	C2	C3	C4	C5
	Peça	Valor medido	referência		
1	1	7,16	7		
2	1	7,05	7		
3	1	7,03	7		
4	1	7,24	7		

No exemplo, estamos medindo uma peça que representa o valor 7.

Para gerar o gráfico no Minitab, vá em **Estat > Ferramentas de qualidade > Estudo de medição > Estudo de Linearidade e Vício de medição:**



Em seguida, configure os campos conforme abaixo:

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17
	Peça	Valor medido	referência														
1	1	7,16	7														
2	1	7,05	7														
3	1	7,03	7														
4	1	7,24	7														
5	1	7,01	7														
6	1	7,05	7														
7	1	7,27	7														
8	1	7,22	7														
9	1	7,13	7														
10	1	7,09	7														
11	1	7,28	7														
12	1	7,00	7														
13	1	7,11	7														
14	1	7,13	7														
15	1	7,15	7														
16																	

Estudo de Linearidade e Vício de Medição

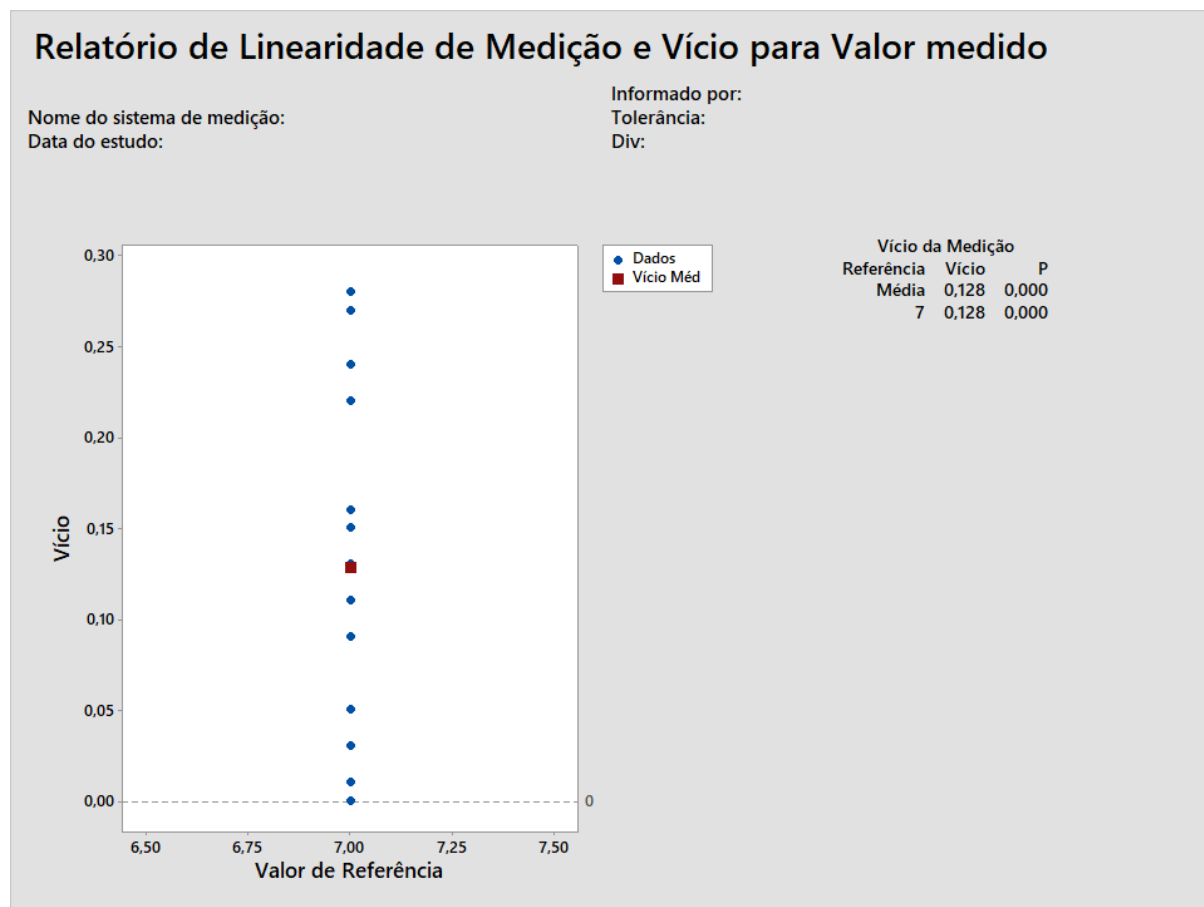
Números de peça: Informação do Estudo de Medição...

Valores de referência: Opções...

Dados da medição:

Variação do processo: (opcional)
 (variação do estudo a partir da RR da medição)
 ou
 (6 × desvio padrão histórico)

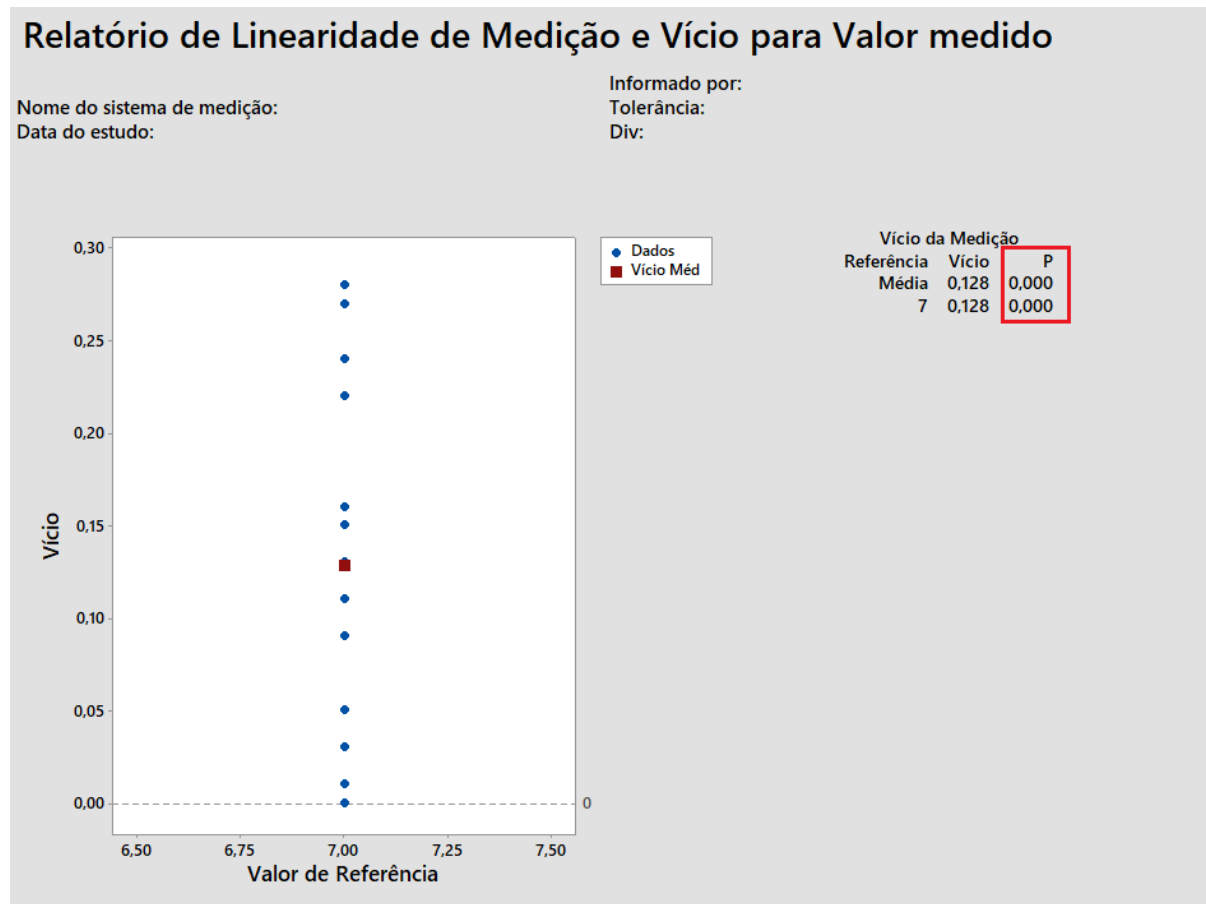
O gráfico a seguir será gerado:



Veja abaixo e em nossos outros artigos na [seção de MSA](#), para ver como analisar o gráfico obtido!

➤ Como analisar o gráfico de viés?

Continuando do exemplo abordado no artigo anterior - [Análise de viés no Minitab](#), obtivemos o gráfico abaixo:



Na esquerda, temos a imagem com todas as 15 medições feitas (todos os pontos azuis) e o vício médio, indicado pelo ponto vermelho.

Temos que, em média, nosso sistema mede uma peça de tamanho 7 com **vício de 0,128**. Ou seja, quando queremos medir uma peça de tamanho 7, medimos geralmente valores maiores, em torno de 7,128.

A questão é: esse viés é significativo?

O único jeito de saber é analisando o p-valor (valor destacado na imagem).

O p-valor é o valor que indica em um teste de hipóteses qual hipótese aceitar.

No caso de análises de viés, nossas hipóteses são:

- **Hipótese nula (H0):** O viés pode ser considerado zero (vício = 0 ou estatisticamente insignificante). Para aceitar essa hipótese, o P-valor deve ser maior que 0,1

- **Hipótese alternativa (H1):** O viés **não** pode ser considerado zero (vício diferente de 0 ou estatisticamente significativo). Para aceitar essa hipótese, o P-valor deve ser menor que 0,01

- Valores de P-valor entre 0,1 e 0,01 demandam repetição do estudo, pois são inconclusivos

Um bom sistema de medição deve ter viés insignificante, ou seja, o teste do p-valor deve ser maior que 0,1!

No exemplo acima, o p-valor é igual a 0, ou seja, aceitamos que o vício encontrado nas medições é real, portanto esse **não** é um sistema de medição bom, ele é enviesado e deve ser substituído!

Gráfico de Pareto

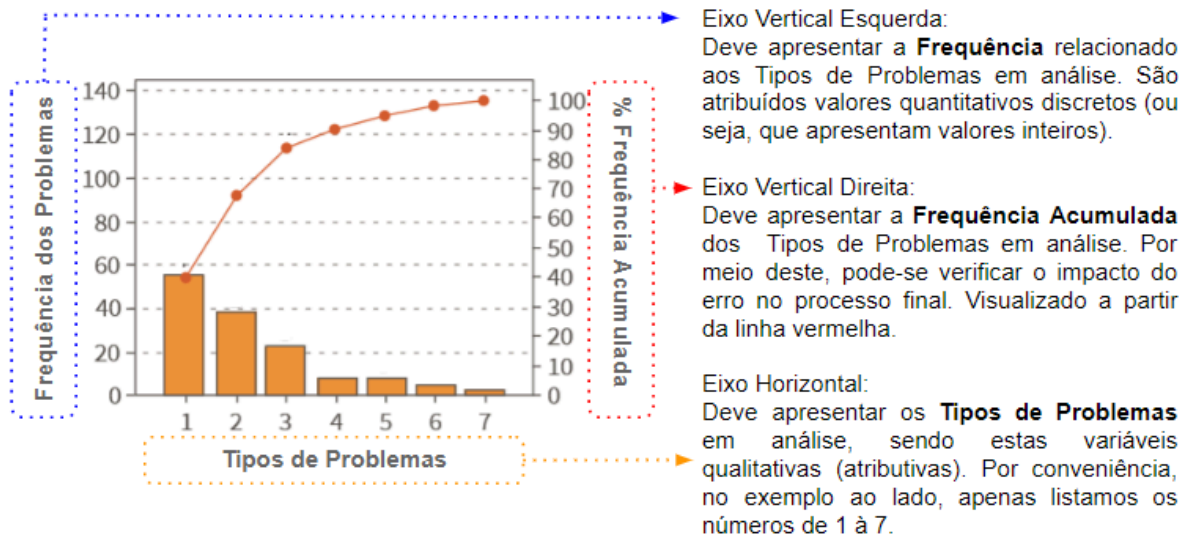
➤ Gráfico de Pareto - Definição

O Princípio de Pareto foi originalmente elaborado pelo sociólogo e economista italiano Vilfredo Pareto (1843 - 1923) que buscou modelar, por meio de conceitos estatísticos, a distribuição de renda da população italiana. Um período mais tarde, no ano de 1950, Joseph M. Juran, consultor de negócios românico, expandiu esses princípios para escala industrial, adaptando-o aos estudos que relacionam os principais problemas de qualidade com seus respectivos números de ocorrência. Por meio deste, Juran conseguiu priorizar e atacar as causas mais relevantes, reduzindo o número de não conformidades e elevando, conseqüentemente, o nível de qualidade do produto/serviço final.

O Gráfico de Pareto caracteriza-se por ser um conjunto de retângulos verticais e justapostos que relaciona as possíveis causas de um evento (dados atributivos) com as suas respectivas frequências (dados quantitativos). Estas barras são ordenadas de forma decrescente, e uma linha de frequência cumulativa é traçada para melhor identificar os problemas que mais impactam o processo, visualizado por intermédio da relação 20/80 (20% das causas estão relacionados a 80% das frequências). Trata-se de um gráfico que permite categorizar os problemas de acordo com sua frequência, gravidade e natureza, tornando evidente e visual a estratificação e priorização de fenômenos que afetam o processo.

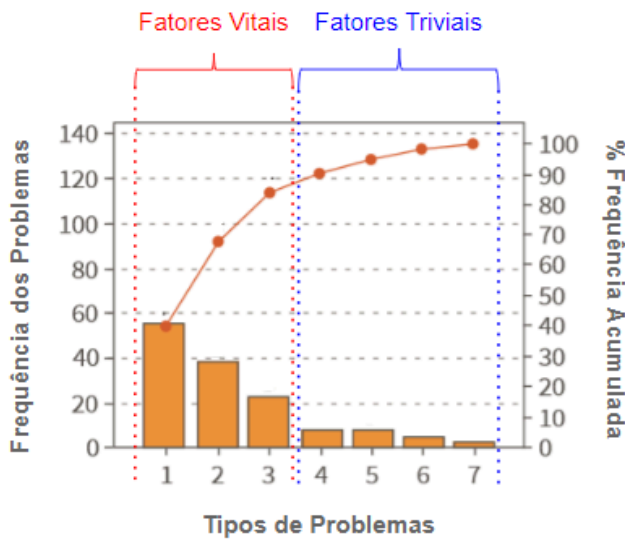
As informações necessárias para a elaboração de um Gráfico de Pareto, previamente obtido por meio de listas de verificação, devem ser distribuídas em um plano cartesiano. O eixo horizontal é atribuído à dados qualitativos relacionados ao tipo de causa potencial, os quais são ordenados das mais frequentes (à extrema esquerda) para as menos frequentes (à extrema direita). Caso exista uma categoria intitulada como “outros”, o mesmo deve ser idealmente

concedido na última barra do gráfico. O eixo vertical à direita, por sua vez, refere-se a porcentagem de ocorrência utilizada para se avaliar a frequência cumulativa das causas, enquanto que o eixo vertical à esquerda reflete o número de ocorrências utilizadas para avaliar a barra de frequências associadas às variadas causas potenciais.



Em casos que a categoria intitulada como “outros” representar mais de 10% do total de observações, isso significa que os problemas em análise não foram classificados da maneira adequada. Este fenômeno leva à Paralisia de Pareto, obrigando os colaboradores a realizarem contínuos debates de opiniões a fim de obter um consenso comum, resultando no atraso dos avanços de melhoria. Nestes casos, deve-se adotar um modo diferente de classificação das categorias.

O Princípio de Pareto estabelece que os problemas relacionados à qualidade têm origem em um número pequeno de causas vitais, isto é, cerca de 80% dos efeitos surgem de 20% de todas as possíveis causas, princípio também denominado como “regra do 80/20”. Pode-se visualizar que poucos problemas estão associados a grandes perdas (poucos são vitais), enquanto que uma grande quantidade de problemas impactam pouco no resultado final do processo (muitos são triviais). Logo, o tratamento das poucas causas vitais poderá resultar na diminuição das perdas e na consequente melhoria da qualidade, por meio de um número reduzido de ações. Deve-se dar prioridade em sanar as causas dos problemas que ocorrem com maior frequência.

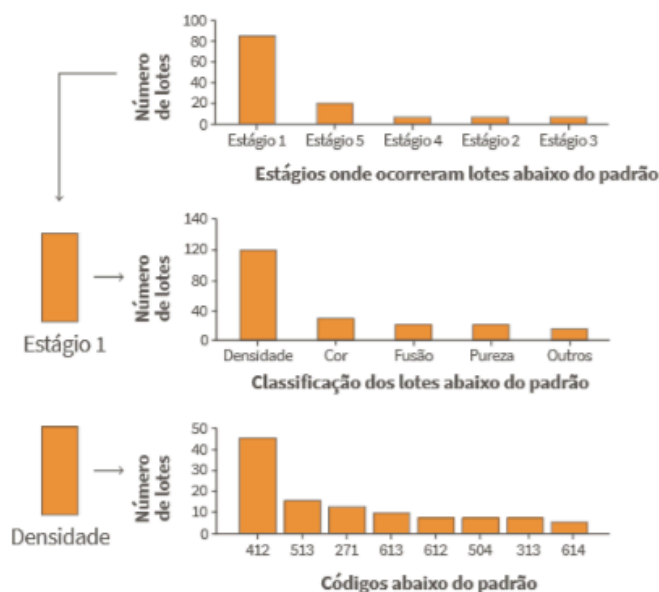


No exemplo ao lado, pode-se observar que os tipos de erros 1, 2 e 3 impactam em, aproximadamente, 88% da frequência total dos problemas. Isso representa cerca de 118 ocorrências no total de 140.

Com isso, eliminando os problemas 1, 2 e 3 "vitais", pode-se reduzir a frequência dos erros em 88%, contribuindo para a melhoria do nível de qualidade do produto/serviço final. Deve-se, então, priorizá-los.

Os problemas 4, 5, 6 e 7 são classificados como "triviais", pois impactam no processo em uma razão de 12%, ou seja, 22 ocorrências no total de 140.

A comparação entre diferentes Gráficos de Pareto, levando em consideração múltiplos fatores de estratificação de interesse, nos permite identificar se as causas de um problema em estudo é comum a todo o processo ou se existem causas específicas associadas a mesma. A estratificação consiste em desdobrar as categorias vitais, previamente interpretados pelas maiores barras de um primeiro Gráfico de Pareto, em outros problemas por meio de novas colunas em gráficos distintos, partindo de um aspecto macro para um micro. Trata-se da subdivisão de um grande problema inicial em problemas menores e mais específicos, a fim de aprimorar e priorizar a investigação sobre onde focalizar os esforços de melhoria.

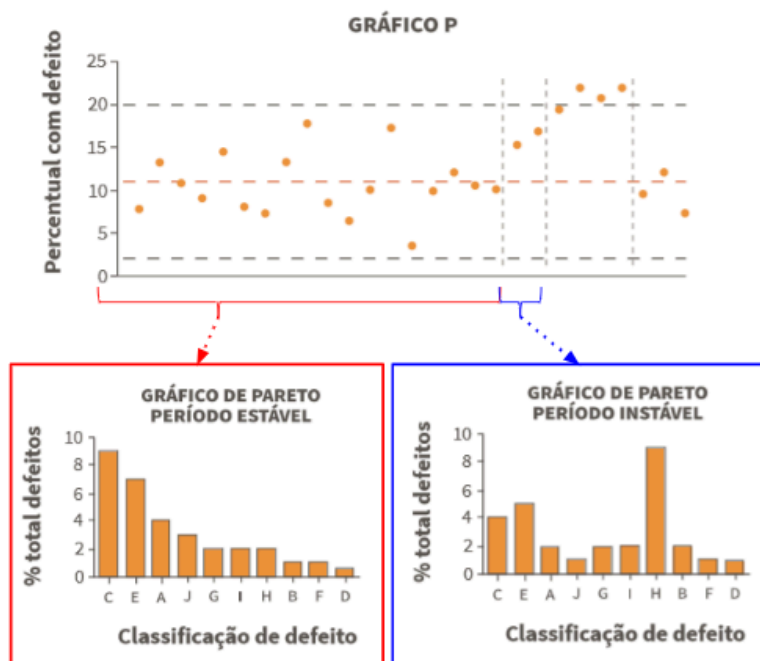


A estratificação consiste em subdividir as causas que mais impactam no processo em novos gráficos, permitindo aprimorar e priorizar a investigação sobre onde focalizar os esforços de melhoria.

No exemplo ao lado, no primeiro gráfico, observa-se que o "Estágio 1" é a causa que mais impacta no processo, quando comparado às outras. Ao estratificar-lo, podemos observar, no segundo gráfico, que a "Densidade" é o maior gargalo para o processo, e assim por diante.

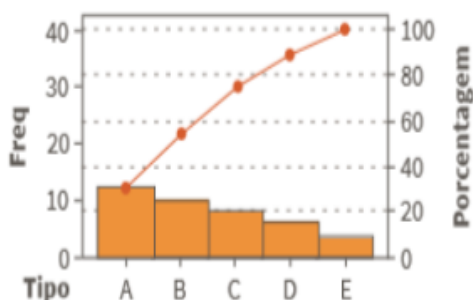
A comparação entre Gráficos de Pareto "antes" e "após" mudança de melhoria pode ser utilizada para avaliar a estabilidade do processo e conferir se a ação de bloqueio resultou em um

impacto significativo. Porém, casos de instabilidade sistêmica podem ocorrer, sendo esta marcada pela grande alteração na sequência das categorias dos variados gráficos em comparação. Nestes casos, pode-se concluir que há fatores de processo para serem tratadas e devidamente corrigidas. Uma outra prática comum é contrapor o Gráfico de Pareto com os custos para solução dos problemas.



No exemplo ao lado, foram coletados dados de dois momentos distintos do Gráfico de Controle P. Representando-os em Gráficos de Pareto divergentes, pode-se observar que as barras não se comportam de maneira contínua e idêntica, podendo concluir que há uma instabilidade no processo.

Contudo, há casos onde o Princípio de Pareto não pode ser aplicado. Isto acontece quando não é possível identificar, visualmente, uma causa particular que se destoa com relação aos outros problemas em análise.



Conforme o exemplo ao lado, pode-se observar que não há o Princípio de Pareto, uma vez que não pode ser visualizado um fator "destoante" com relação ao restante.

Vale ressaltar que o propósito do Gráfico de Pareto não é o de identificar as causas mais importantes, mas apenas ilustrar as mais frequentes.

➤ Gráfico de Pareto - Exemplo

Para melhor entendimento, tomemos como exemplo o seguinte caso:

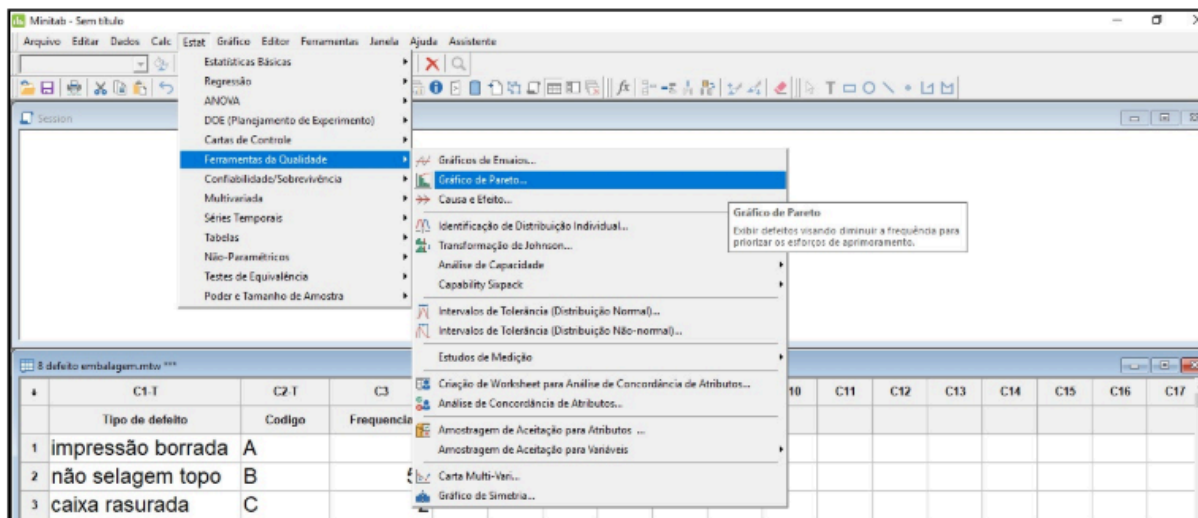
"O departamento de qualidade de uma indústria farmacêutica faz a inspeção do produto final a fim de verificar não conformidades. Os parâmetros inspecionados referem-se a estética da embalagem, como: "Impressão borrada"; "Não Selagem Topo"; "Caixa Rasurada"; "Caixa Amassada"; "Não Selagem Lateral"; "Cor da Impressão" e "Não Selagem Fundo". Sendo assim, um Gráfico de Pareto foi realizado para verificar a frequência das não conformidades".

Para se realizar o Gráfico de Pareto do caso acima descrito, foram tomados os seguintes passos:

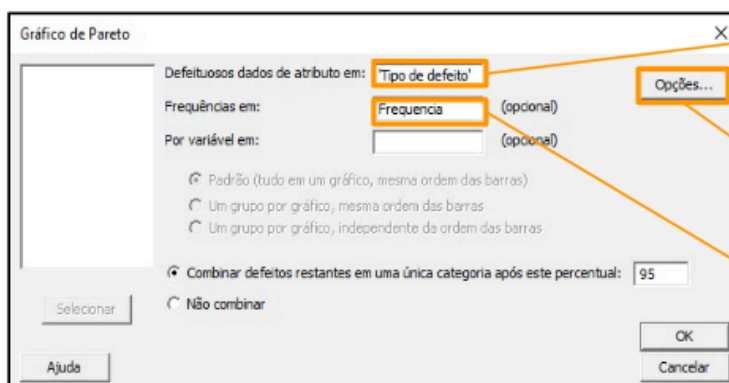
PASSO 1: Com o auxílio de uma lista de verificação, contabilizar a frequência de ocorrência de cada fator.

↓	C1-T	C2-T	C3
	Tipo de defeito	Codigo	Frequencia
1	impressão borrada	A	8
2	não selagem topo	B	55
3	caixa rasurada	C	2
4	caixa amassada	D	7
5	não selagem lateral	E	22
6	cor da impressão	F	4
7	não selagem fundo	G	38

PASSO 2: Para desenvolver um Gráfico de Pareto, é necessário seguir os seguintes passos no Minitab: **Stat > Ferramentas da Qualidade > Gráfico de Pareto.**



PASSO 3: Selecionar as variáveis atributivas e suas frequências. Editar as informações que conterão no Gráfico de Pareto.



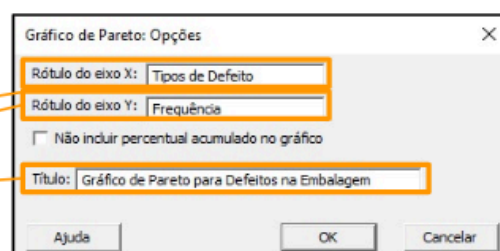
Passo 3.1: Selecionar a coluna contendo as variáveis qualitativas (atributivas), relacionadas aos Tipos de Defeito em análise.

Passo 3.2: Editar o título do gráfico e seus respectivos eixos (horizontal e vertical)

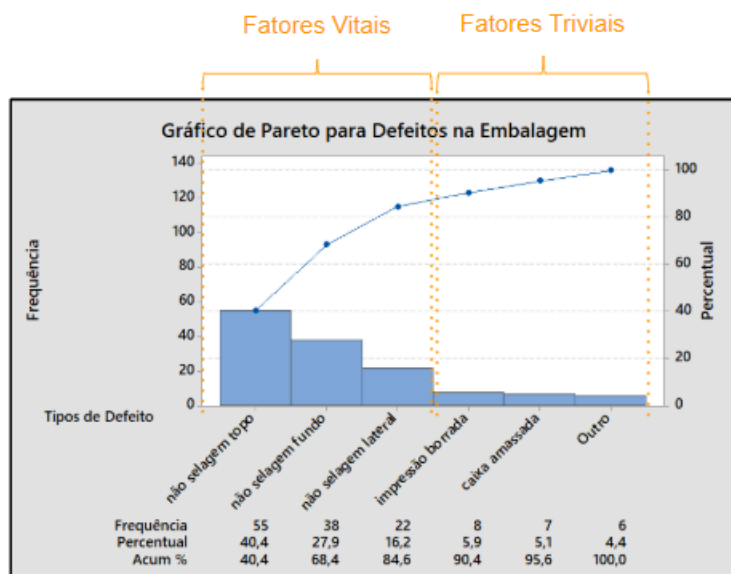
Passo 3.3: Selecionar a coluna referente à frequência dos Tipos de Defeitos em análise.

Selecionar esta opção "Combinar Defeitos Restantes" quando tiver uma quantidade elevada de possíveis causas (acima de 5). Nestes casos, manter o percentual de 95%.

Determinar o rótulo do eixo vertical (X)
 Determinar o rótulo do eixo horizontal (Y)
 Determinar o título do Gráfico de Pareto



PASSO 4: Analisar o gráfico e concluir sobre a priorização das causas.



Conforme o gráfico ao lado, pode-se concluir que apenas três fatores atributivos (ou 42% das observações) impactam em 84,6% o processo final.

Sendo assim, eliminando os fatores "não selagem topo", "não selagem fundo" e "não selagem lateral", o processo será otimizado em 84,6%, contribuindo para o aumento do nível de qualidade do produto final.

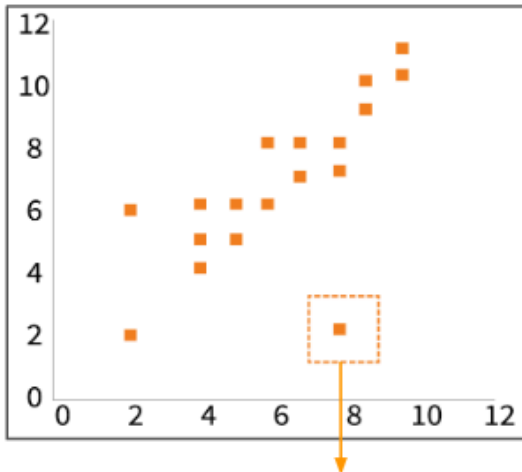
De acordo com o Princípio de Pareto, 80% dos resultados vêm de 20% das causas. Portanto, o nosso exemplo nos diz que 84,6% dos problemas são referentes a três causas: não selagem topo, não selagem fundo e não selagem lateral, sendo os fatores vitais.

Diagrama de Dispersão

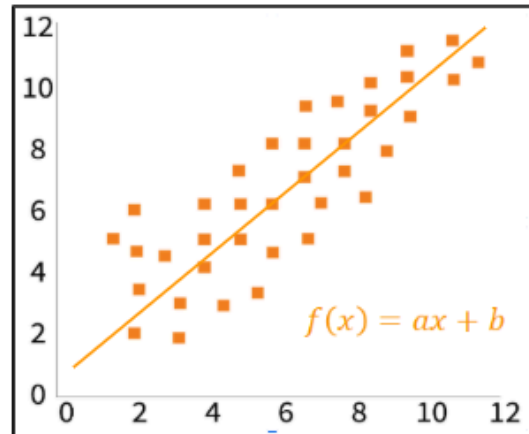
➤ Diagrama de Dispersão - Definição

O **Diagrama de Dispersão**, traduzido do inglês *Scatterplot*, é uma ferramenta estatística que permite identificar, por meio de análises visuais gráficas, a possível relação existente entre duas variáveis quantitativas distintas. Por meio de coordenadas cartesianas, no qual o conjunto de dados são dispersos, pode-se verificar o grau de influência que uma variável dependente "X" influencia a independente "Y", ambas relacionadas a uma ou mais causas e efeitos em comum.

Esta ferramenta é comumente utilizada para auxiliar na análise e monitoramento das ações gerenciais, além de ser uma **boa alternativa na modelagem de regressão linear e identificação de pontos discrepantes (outliers)**. Estes pontos, em geral, são explicados por erros de medida ou mudança nas condições de operação, sendo necessário o isolamento e tratamento dos mesmos para eliminação de suas causas.

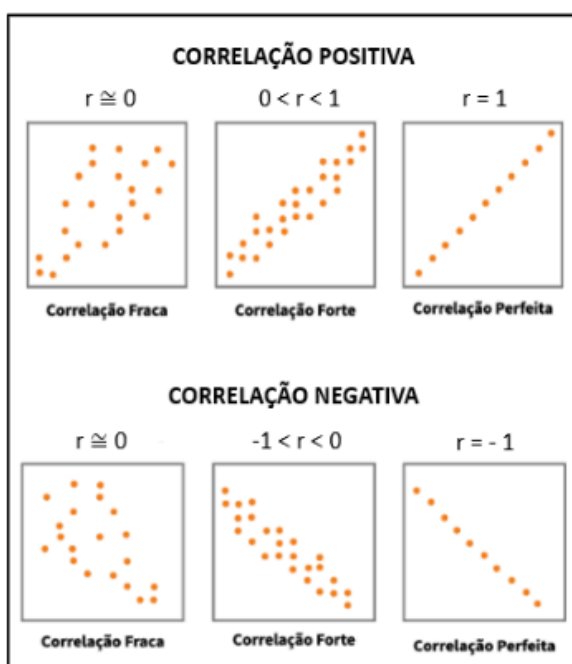


Ponto muito discrepante (*outlier*) com relação ao conjunto de dados. É necessário o isolamento e tratamento do mesmo para eliminação corretiva de suas causas.



O Diagrama de Dispersão pode ser utilizado para auxiliar na modelagem de Regressão Linear, o qual busca, a partir de uma equação matemática, resumir a distribuição de dados em torno de uma reta.

O grau de associação entre as variáveis pode ser avaliado por meio do **Coefficiente de Correlação (ou Coeficiente de Pearson - r)**. A partir deste, pode-se concluir se as interações apresentam tendências Fortes (quando os pontos estão muito próximos um dos outros, com aproximadamente 1 ou -1) ou Fracas (quando os pontos estão muito dispersos, com r próximo a 0), independentemente da forma de distribuição linear ou não. Além disto, o Diagrama de Dispersão pode ser classificado em 3 categorias distintas: **Correlação Positiva; Correlação negativa e Correlação Neutra:**



O tipo de correlação pode ser visualizado a partir do **Coefficiente de Correlação** (ou Coeficiente de Pearson - r). Os valores obtidos neste coeficiente relacionam-se da seguinte forma:

- r = 0:** Correlação nula ou inexistente entre variáveis.
- r = 1:** Correlação positiva entre variáveis.
- r = -1:** Correlação Negativa entre variáveis.

Correlação Positiva:

No qual as duas variáveis crescem no mesmo sentido. Ou seja, enquanto um aumenta, o outro também aumenta.

Correlação negativa:

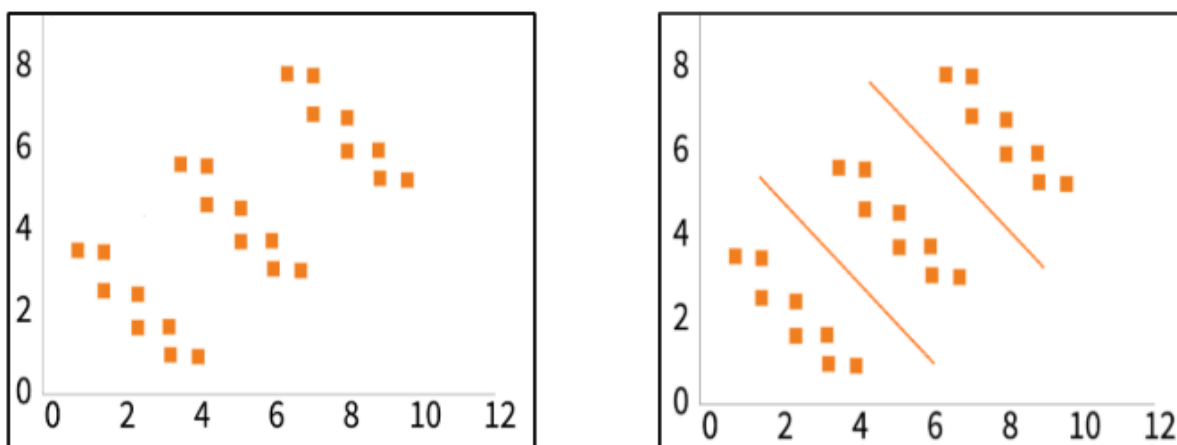
No qual as duas variáveis variam em sentidos contrários. Ou seja, enquanto um aumenta, o outro diminui

Correlação Nula:

Não há interação entre variáveis.

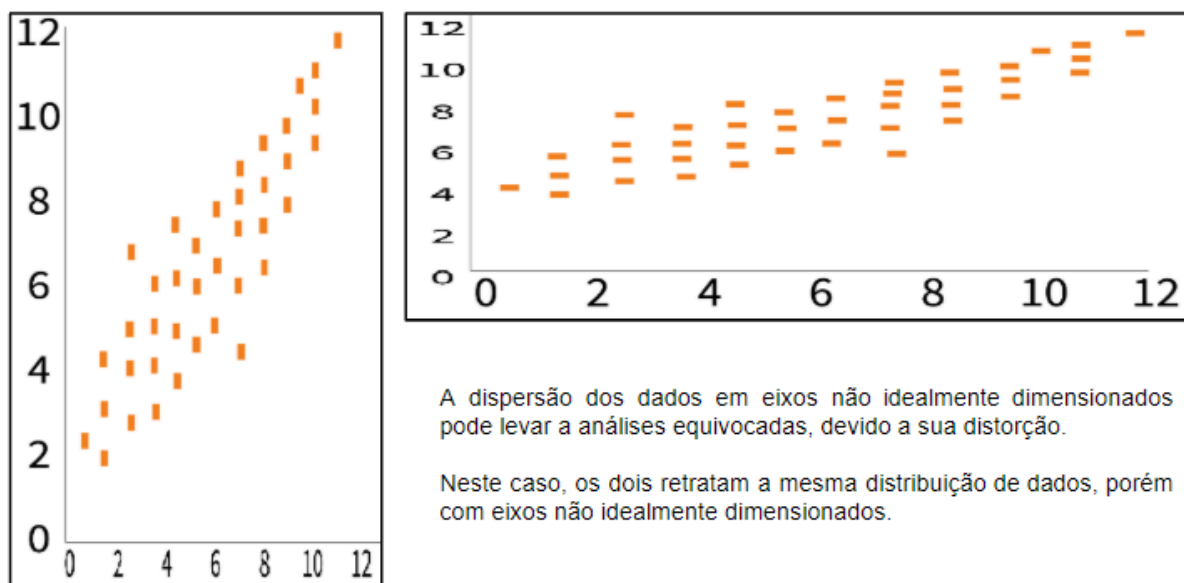
Contudo, a correlação entre duas variáveis não significa necessariamente que há uma causalidade entre as mesmas, efeito conhecido como Espúria, sendo necessário que se tenha uma **relação lógica de convergência entre as variáveis**. Além deste adendo, para a elaboração de um Diagrama de Dispersão, alguns cuidados devem ser levados em consideração:

CONSIDERAÇÃO 1: A correlação entre duas variáveis podem resultar em conclusões equivocadas se os dados forem desenhados sem a devida Estratificação dos Grupos.



No primeiro diagrama, pode-se concluir que os dados estão em uma tendência crescente. Porém, ao estratificar os dados, conclui-se que os dados estão em uma tendência decrescente.

CONSIDERAÇÃO 2: Caso dispersos em seixos não idealmente dimensionados, a correlação pode levar à análises equivocadas, devido à sua distorção.



A dispersão dos dados em eixos não idealmente dimensionados pode levar a análises equivocadas, devido a sua distorção.

Neste caso, os dois retratam a mesma distribuição de dados, porém com eixos não idealmente dimensionados.

CONSIDERAÇÃO 3: Utilizar uma quantidade significativa de dados para se obter uma correlação satisfatória (**mínimo de 30 dados**).

Na indústria, em geral, o Diagrama de Dispersão é comumente utilizado em estudos que buscam verificar as possíveis causas de variação que influenciam um parâmetro de qualidade de interesse. Os dados são normalmente estratificados em subgrupos racionais (como Máquinas; Operadores; Turnos; Dias da Semana; Hora do Dia; Fornecedores e Matéria Prima) e **diferenciados por meio de cores distintas**.

Cabe ressaltar a diferença entre Diagrama de Correlação e Regressão linear. Enquanto que o Diagrama de Dispersão descreve o grau de relacionamento entre duas variáveis, a Regressão Linear representa o mesmo relacionamento por meio de equações matemáticas.

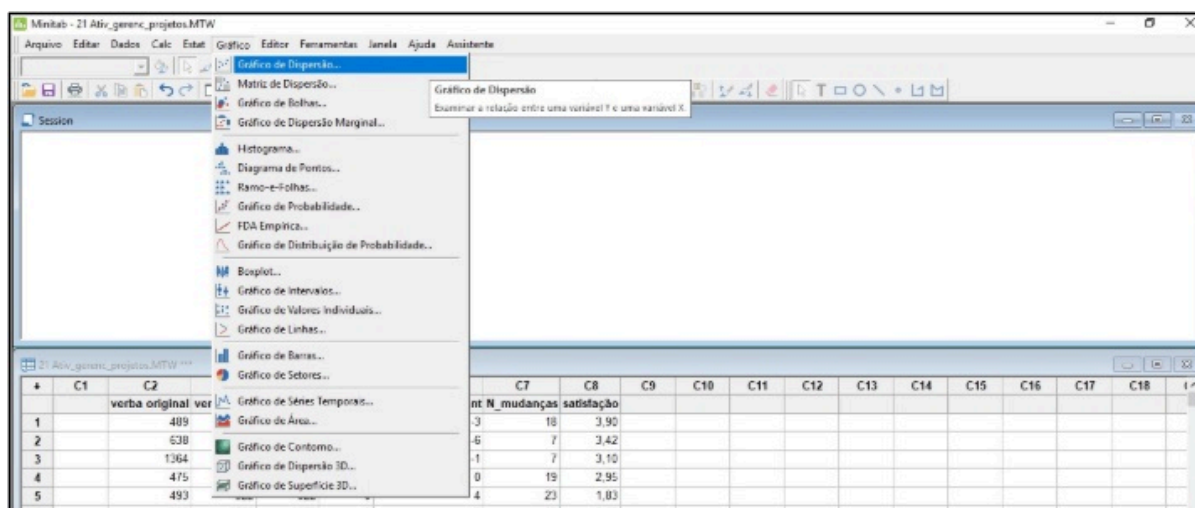
➤ Diagrama de Dispersão - Exemplo Simples

Para melhor entendimento, tomemos como exemplo o seguinte caso:

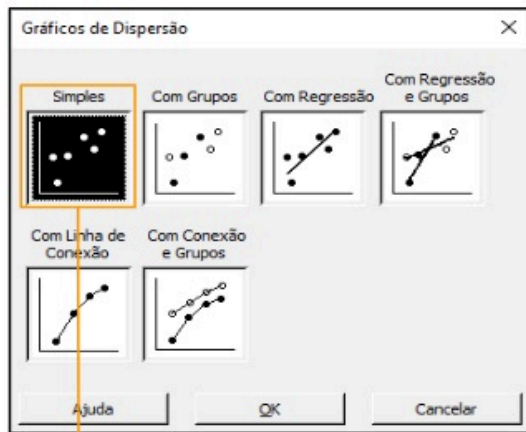
"A fim de avaliar a satisfação de seus clientes após a implementação de mudanças, uma empresa de Consultoria de Melhoria Contínua decidiu avaliar, por intermédio de um Diagrama de Dispersão, a correlação existente entre a Satisfação com os seguintes parâmetros: Verba Original; Verba Final; Custo Total; Dias de Atraso; Número de Mudanças no Projeto e Índice de Satisfação".

Para se realizar o Diagrama de Dispersão do caso acima descrito, foram tomados os seguintes passos:

PASSO 1: Primeiramente, para a elaboração de um Diagrama de Dispersão, você deve seguir os seguintes passos no Minitab: **Gráfico > Gráfico de Dispersão**.

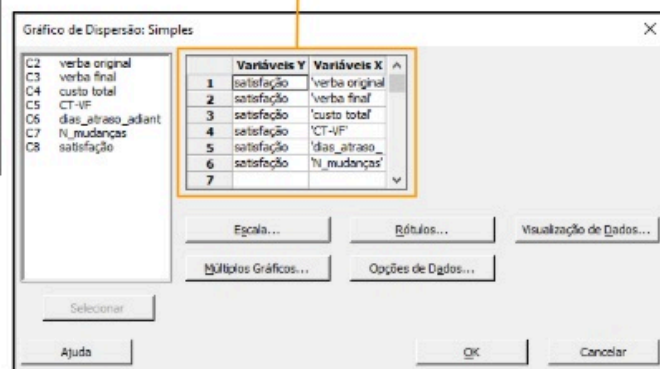


PASSO 2: Selecionar as variáveis que se pretende analisar as correlações. selecionar a opção "Simples" do Minitab, conforme abaixo.

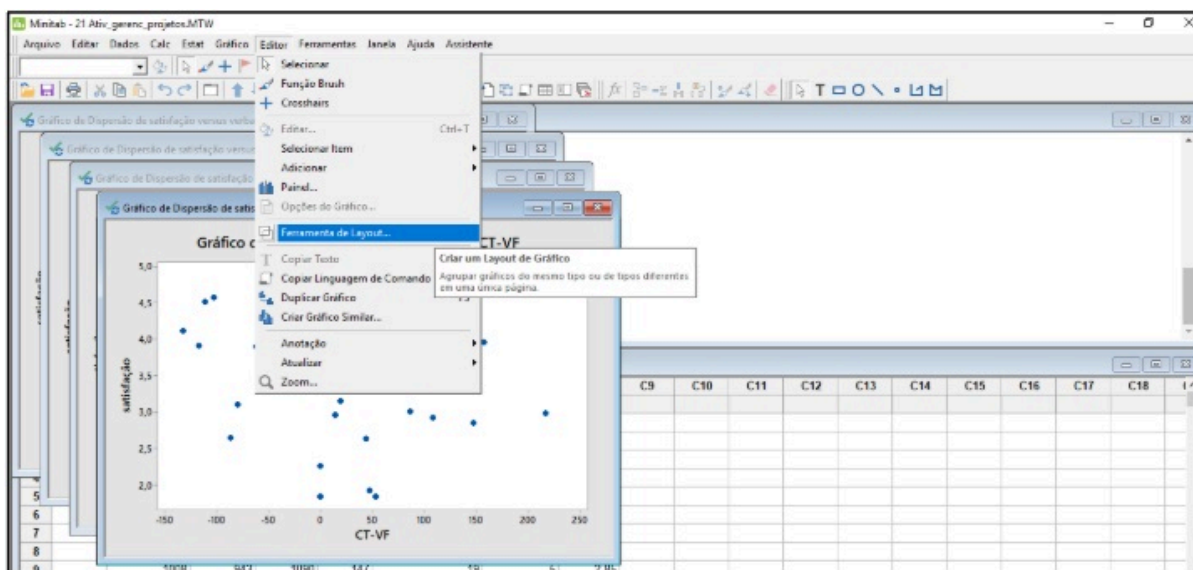


Como os dados estão separados em colunas diferentes na worksheet do Minitab, deve-se selecionar a opção "Simples".

Selecionar as variáveis dependentes "Y" e independentes "X" que se pretende avaliar a interação. Na situação que consta no exemplo, deve-se verificar a associação da Satisfação com variados parâmetros distintos, sendo estes: Verba Original; Verba Final; Custo Total; Dias de Atraso; Número de Mudanças no Projeto e Índice de Satisfação.

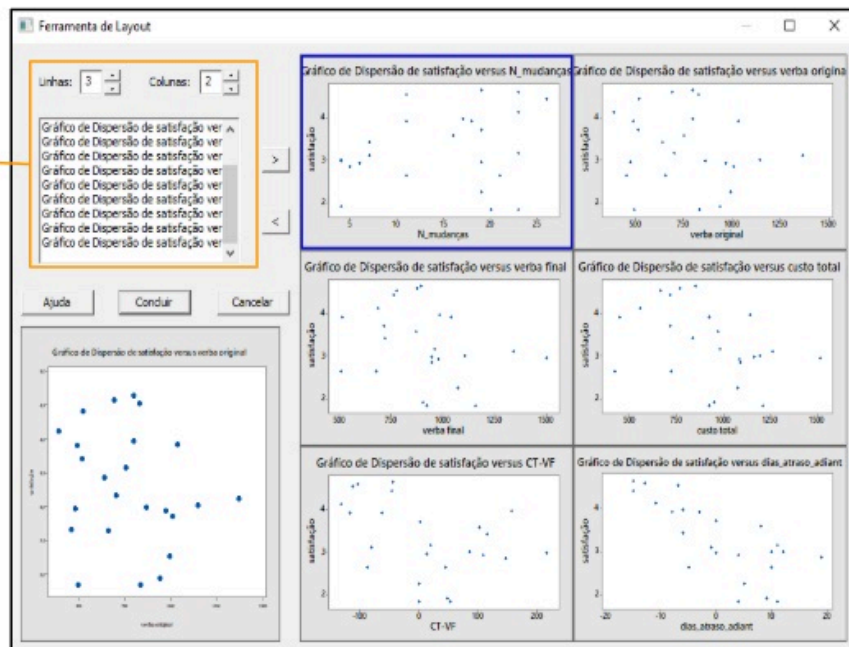


PASSO 3 (OPCIONAL): Vários Diagramas de Dispersão serão gerados em Layouts e correlações distintas. Para deixá-los melhor apresentável, você deve seguir os seguintes passos no Minitab: **Editor > Ferramentas de Layout.**

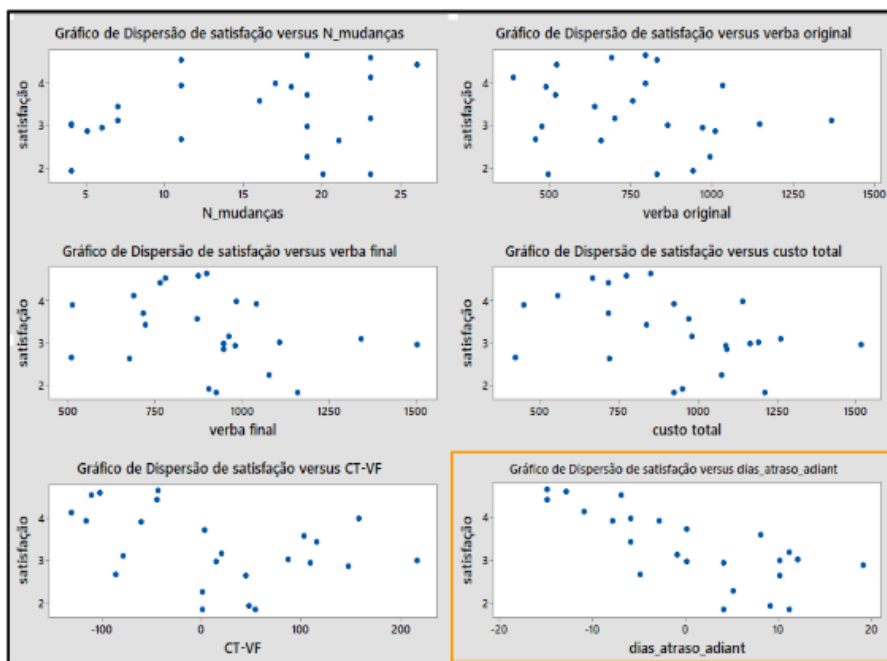


PDSA 4 (OPCIONAL): Selecionar os gráficos que estarão presentes no novo Layout.

Selecionar, separadamente, os gráficos que se pretende juntar em um único Layout. Além disso, você poderá modificar a quantidade de linhas e colunas que o seu Layout terá, conforme sua necessidade.

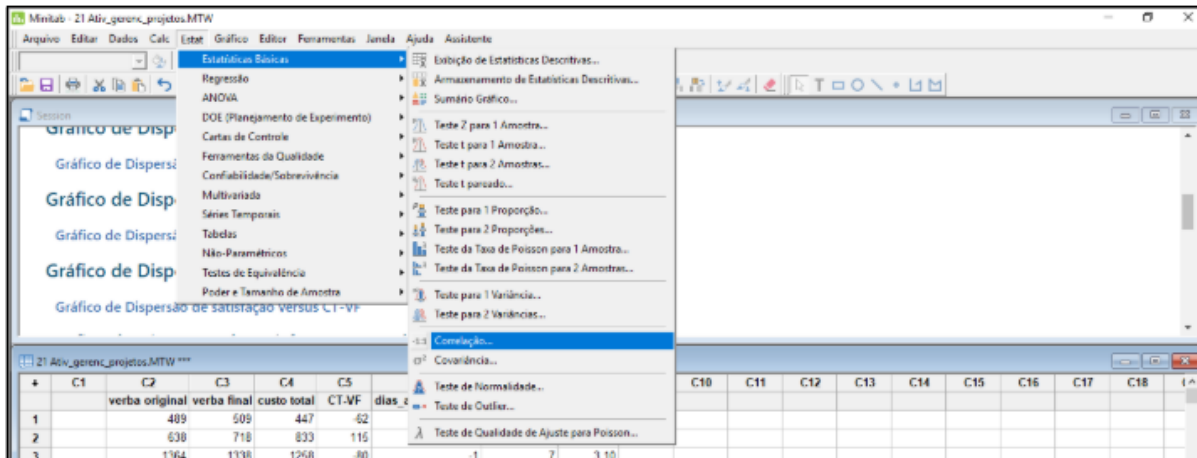


PASSO 5: Analisar os Diagramas de Dispersão elaborados.

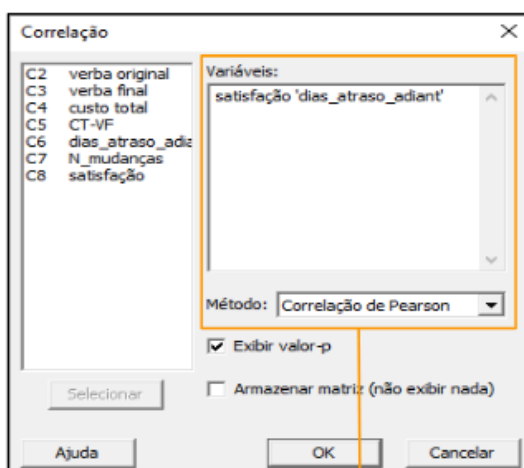


Ao avaliar os diferentes Diagramas de Dispersão, pode-se observar que a interação "Satisfação" e "Dias de Atraso" possui uma correlação forte e negativa, devido ao comportamento decrescente e a proximidade dos pontos.

PASSO 6 (OPCIONAL): Para certificar que o Diagrama de Interação apresenta uma interação satisfatório entre duas variáveis, você pode avaliar o Coeficiente de Correlação (ou Correlação de Pearson - r), conforme os passos no Minitab: **Estat > Estatística Básica > Correlação**.



PASSO 7 (OPCIONAL): Selecionar as duas variáveis que se pretende verificar a correlação por intermédio do Coeficiente de Correlação (r).



Selecionar as variáveis que se pretende analisar a interação. Neste caso, deve-se selecionar "Satisfação" e "Dias de Atraso".

O P-valor relacionasse ao Teste de Hipótese que o Minitab faz para avaliar se o Coeficiente de Pearson é confiável ou não. Para isso, a Hipótese nula e alternativa são:

- $H_0: r = 0$ (não há correlação entre as variáveis)
- $H_1: r \neq 0$ (há relação entre as variáveis)

Sendo assim, como o P-valor é igual a 0, a hipótese nula é falsa e, conseqüentemente, pode-se comprovar que há uma relação de interação entre as variáveis "Satisfação" com "Dias de Atraso".

O Coeficiente de Pearson está próximo a -1, podendo concluir que a interação é Forte e negativa.

Correlação: satisfação; dias_atraso_adiant

Correlações	
Correlação de Pearson	-0,743
Valor-P	0,000

Pode-se concluir que a interação entre Satisfação e Dias de Atraso apresenta a melhor correlação entre as demais variáveis.

DOE

➤ DOE - Definição

DEFINIÇÃO:

O DOE (sigla derivada do inglês “*Design of Experiments*” e traduzido para o português como “Planejamento de Experimentos”) é uma ferramenta estatística comumente utilizada para determinar a melhor configuração que um conjunto de variáveis controláveis deve apresentar para se maximizar um resultado de interesse no processo.

A partir da realização de sucessivos testes que envolvem modificações propositalmente dos mais variados parâmetros do processo, esta ferramenta tem por finalidade determinar quais variáveis independentes (variáveis de entrada “X” que influenciam nas características de qualidade do produto/serviço) tem maior impacto sobre uma determinada variável resposta (variável de saída e dependente “Y”).

O Planejamento de Experimentos é uma importante ferramenta *offline* de controle de qualidade, uma vez que estas são geralmente utilizadas nas atividades de desenvolvimento e nos estágios iniciais de manufatura, e não em procedimentos *online* ou durante o processo. Paralelamente, além de maximizar o desempenho do processo, tal ferramenta contribui para o aumento da velocidade de aprendizagem dos colaboradores e a redução da variabilidade sistêmica.

Dentre os diversos tipos de análise DOE existentes, podemos citar que o Planejamento de Experimento Fatorial é o mais utilizado, sendo este dividido entre duas categorias distintas: Completo e Fracionado. Em ambos os casos, para o seu desenvolvimento, é necessário definir os fatores (variáveis de controle X) em estudo e seus dois respectivos níveis, que podem assumir tanto valores quantitativos como qualitativos. Para melhor entendimento, vamos supor que, para se avaliar o nível de pureza de uma mistura química, é necessário levar em consideração os fatores com os respectivos níveis: Temperatura (200 oC e 100 oC), Pressão (1 atm e 1,2 atm), Marca do Catalisador (tipo A e tipo B) e Concentração do reagente (5% e 7%).

O **Planejamento de Experimento Fatorial Completo** é um estudo normalmente realizado quando se pretende analisar a influência de todas as combinações de fatores, e seus respectivos níveis, sobre uma variável resposta de interesse. Contudo, há uma limitação com relação ao seu uso. Em casos onde há uma elevada quantidade de fatores, há também a necessidade de maiores investimentos de tempo e dinheiro, fato que torna os experimentos, muitas vezes, mais caros e de difícil execução. Sendo assim, o seu uso é comumente indicado para avaliação de, no máximo, 3 fatores distintos, o que totaliza 8 testes experimentais.

Como enfatizado anteriormente, a realização de um Planejamento de Experimento Fatorial Completo que contempla uma quantidade de fatores superior a 3 pode resultar no acréscimo do investimento financeiro e outros recursos necessários, tornando-o, muitas vezes, não aplicável à empresa. Nestes casos, há a necessidade de utilizar um estudo que retorne um resultado confiável e, ao mesmo tempo, que seja economicamente viável. Para isso, o **Planejamento de Experimentos Fatorial Fracionado** é uma boa alternativa, uma vez que este utiliza a mesma quantidade de fatores com um número de corridas experimentais reduzido.

Este teste tem por objetivo eliminar a quantidade de rodadas desnecessárias por meio de fracionamentos, eliminando as informações triviais (interações de 3 ou mais fatores distintos) e mantendo as vitais (interações entre 2 ou menos fatores distintos). Contudo, contrariamente à vantagem de adquirir um significativo barateamento e rapidez, a aplicação de sucessivos fracionamentos deve ser previamente controlado, uma vez que se pode perder informações importantes do processo e gerando, conseqüentemente, relações de confundimento e empobrecimento das informações. O número ideal de fracionamentos é determinado a partir de tabelas que relacionam a quantidade de fatores com o número de corridas experimentais. Devido a sua complexidade, este tópico é abordado nos nossos cursos de **Black Belt Lean Six Sigma**.

De uma forma resumida, quanto maior a quantidade de fracionamento, maior serão as relações de confundimento, fato que pode levar a interpretação dos dados de forma equivocada. Estes confundimentos são estabelecidos a partir da associação com as chamadas Relações de Identidade, sendo esta formada pela interação de todos os fatores presentes no estudo.

Em ambos os casos do DOE, tanto o Planejamento Fatorial Completo quanto o Fracionado, a identificação das variáveis de entrada dependentes “X” que influenciam, de forma significativa, a variável independente de saída “Y”, ocorre por meio de interpretações gráficas. Dentre os gráficos utilizados, pode-se citar o **Half Normal**, **Pareto** e **Gráfico de Interações**, cada um apresentando propostas distintas entre si.

TERMINOLOGIAS UTILIZADAS:

- **Variável resposta:**

É uma variável de saída dependente que é observada, ou medida, em um experimento, estando este relacionado a uma característica de qualidade de interesse. Tal característica é obtida por meio de práticas como Benchmarking, VOC (**V**oice **o**f the **C**ustomer) ou VOP (**V**oice **o**f the **P**rocess), cujas informações são traduzidas como CTQs (**C**ritical **t**o **Q**ualities) para controle do desempenho do processo. Um experimento poderá ter uma ou mais variáveis respostas.

- **Fator:**

É uma variável de entrada independente que varia, de maneira controlada e proposital, durante um experimento, para observar o seu impacto sobre uma variável resposta de interesse. O fator pode ser tanto quantitativo quanto qualitativo, podendo citar como exemplo: Temperatura, Pressão, Marca do Catalisador e Viscosidade.

- **Nível:**

São valores e opções específicas de um fator em experimentação, podendo ser quantitativo ou qualitativo, respectivamente. Os níveis são fixados em certos valores de interesse, a fim de verificar o impacto dos fatores sobre uma variável resposta de interesse. Normalmente, são utilizados 2 níveis para cada fator.

- **Desenho Experimental:**

É caracterizado por ser um plano que auxiliará na condução do experimento, contemplando todas as possíveis combinações de fatores e seus respectivos níveis em estudo. No desenho fatorial, os testes são dispostos em um padrão tal que múltiplos fatores são estudados em casa deste, ordenados em uma tabela.

- **Replicação:**

É a repetição de aspectos particulares que contemplam um experimento. Comumente utilizado para se manter a estabilidade dos resultados que formam a base para a ação em um processo.

➤ **DOE - Análise e Interpretações Gráficas**

O Planejamento de Experimentos Fatoriais, mais conhecido como DOE (*Design of Experiments*), é uma ferramenta estatística que busca identificar a melhor configuração que um conjunto de variáveis independentes (variáveis de entrada "X" que influencia nas características de qualidade do produto/serviço) impactam mais significativamente em uma variável resposta de interesse "Y". Por meio de análises gráficas de **Pareto**, **Half Normal** e **Interações**, pode-se identificar qual é a melhor receita que otimiza a resposta desejada.

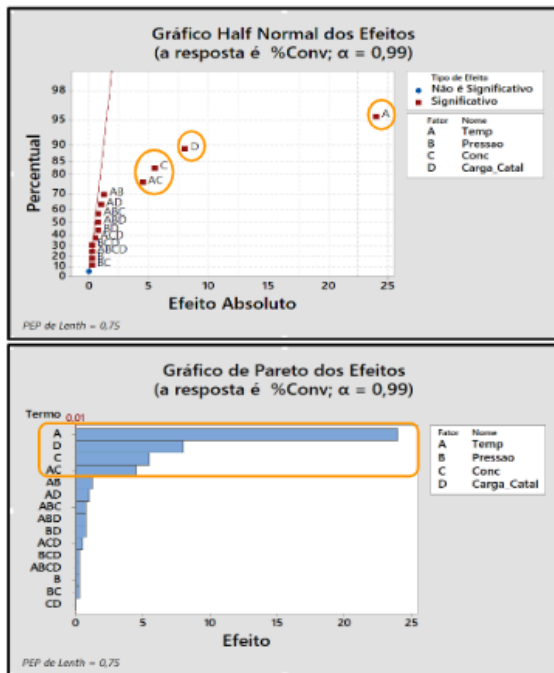
Para melhor compreensão, vamos levar em consideração o seguinte exemplo:

"O departamento de qualidade de uma indústria química, a fim de verificar a melhor configuração das variáveis de entrada que maximizam o rendimento de uma reação química, decidiu realizar um Planejamento de Experimentos Fatoriais utilizando os fatores e seus respectivos níveis: Carga do Catalisador (10 lb e 15 lb); Temperatura de reação (220°C e 240°C); Pressão (50 psi e 80 psi) e

Concentração (10% e 12%). Com a disponibilização da alta administração em conceder recursos financeiros para tal, foi realizado um Planejamento de Experimentos Fatorial Completo".

Ao proceder o referente estudo acima, foram realizadas os seguintes gráficos para análise:

PASSO 1: Realizar, inicialmente, as análises gráficas de Pareto e Half Normal.



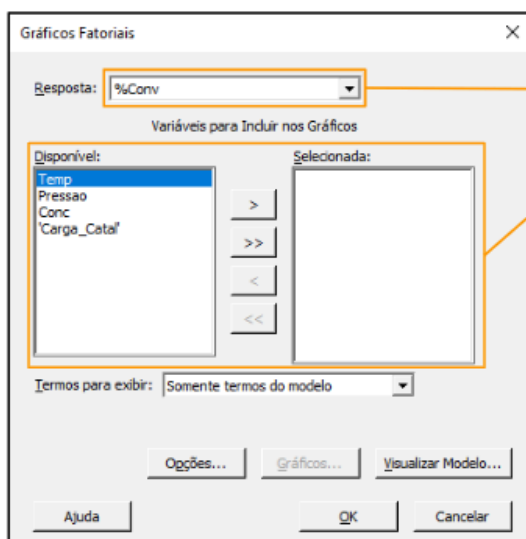
O Gráfico Half Normal consta de uma linha e variados pontos dispersos entre ela. A linha representa a distribuição normal com desvio padrão igual a 1, enquanto que os pontos são os fatores em estudo.

Quanto mais distante estiverem os pontos da linha, mais impactante (vital) será o fator no processo. No caso ao lado, pode-se dizer que os fatores A, D, C e a interação AC influenciam significativamente no processo.

O Gráfico de Pareto deve ser utilizado em conjunto com o Gráfico Half Normal, a fim de evitar conclusões equivocadas. Quanto maior a barra, mais impactante será o fator no resultado final do processo.

No caso ao lado, pode-se certificar que os fatores A, D, C e a interação AC influenciam significativamente no processo.

PASSO 2: Selecionar os fatores vitais, que mais influenciam o processo, para, posteriormente, interpretá-los em Gráficos de Interação.

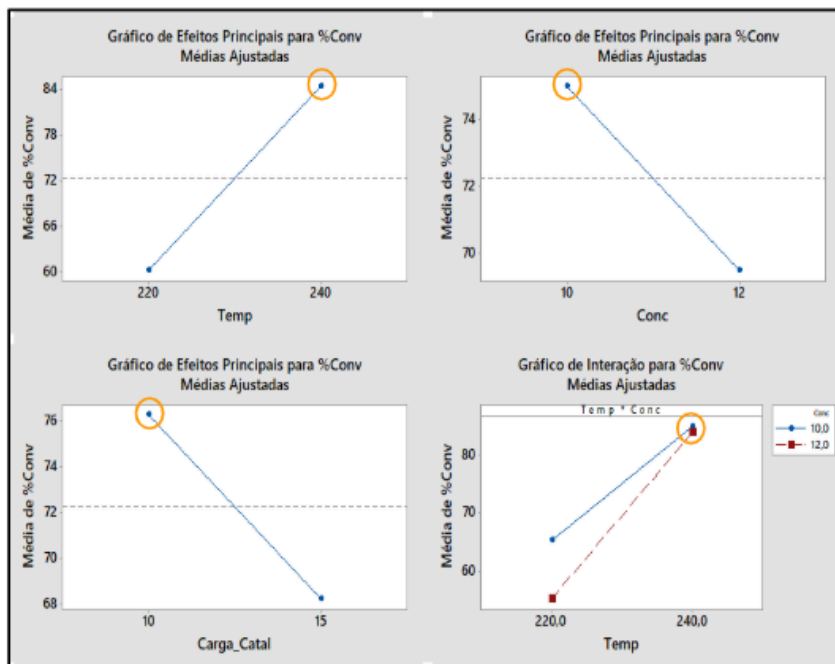


Selecionar a variável resposta que se deseja otimizar no processo (neste caso, a % de rendimento).

Selecionar as variáveis independentes e as interações vitais, separadamente, observadas nos Gráficos de Pareto e Half Normal.

No caso em estudo, deve-se avaliar, isoladamente, as variáveis: Temperatura (A); Concentração (C); Carga do Catalisador (D) e a interação entre Temperatura e Catalisador (AC).

PASSO 3: Realizar a análise e interpretação dos Gráficos de Interação, referentes às variáveis vitais.



O Gráfico de Interações deve ser utilizado após os Gráficos de Pareto e Half Normal. Nele, pode-se verificar a melhor configuração que as variáveis devem apresentar para otimizar o processo. No gráfico, quanto maior a inclinação, maior será a relevância dos níveis no resultado final. Em casos de interações entre dois fatores, quanto menos paralelas forem as linhas, maior a interação.

No caso em estudo, pode-se concluir que a melhor configuração das variáveis dependentes que influenciam o processo são: Temperatura (240°C); Concentração (10%) e Carga do Catalisador (10 lb).

➤ DOE - Exemplo de Planejamento Fatorial Completo

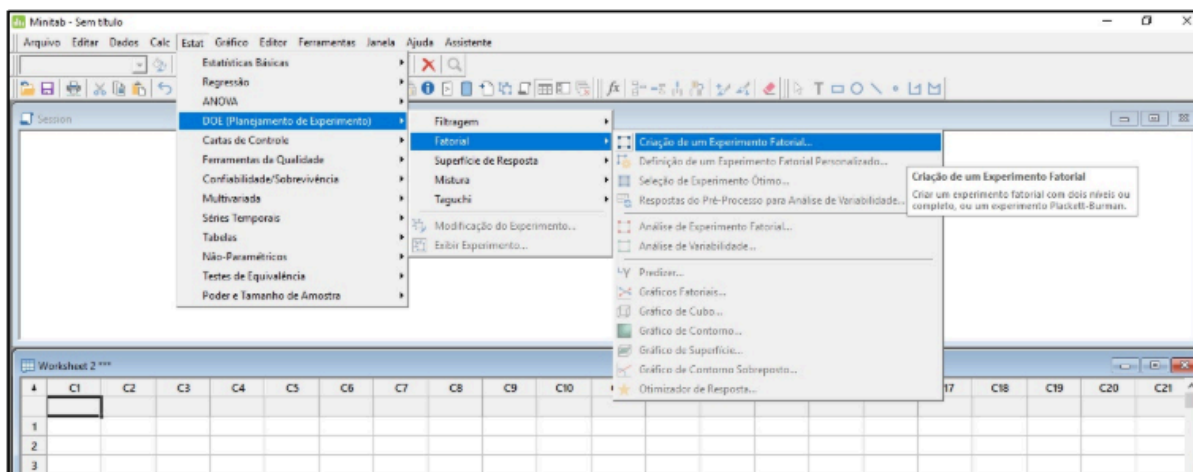
Para melhor entendimento, tomemos como exemplo o seguinte caso:

"O departamento de qualidade de uma indústria farmacêutica, a fim de verificar a melhor configuração das variáveis de entrada que maximizam o Rendimento de um produto, decidiu realizar um Planejamento de Experimentos Fatoriais utilizando os seguintes fatores e seus respectivos níveis: Temperatura (160 °C e 180 °C), Concentração (20% e 40%) e Tipo de Catalisador (Tipo A e Tipo B). Pelo fato de conter apenas 3 fatores e, conseqüentemente, poucas rodadas experimentais (8 rodadas), este planejamento teve aval da alta diretoria com recursos financeiros, decidindo realizá-lo de forma Completa".

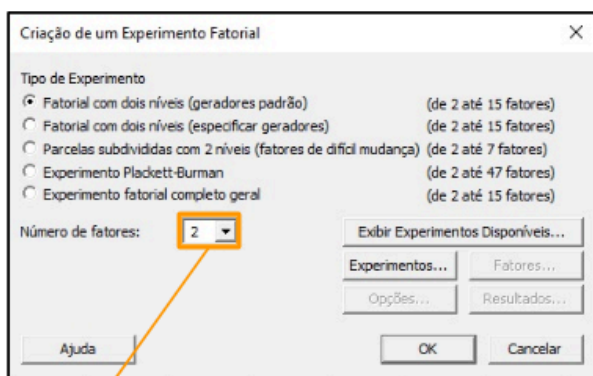
Para se realizar o Planejamento Fatorial Completo do caso acima descrito, foram tomados os seguintes passos:

PASSO 1: Para o desenvolvimento de um Planejamento Fatorial Completo, é necessário, primeiramente, elaborar um Desenho Experimental, o qual é preenchido conforme a condução do

experimento. Para isso, com o auxílio do Minitab, deve-se selecionar: **Stat > DOE (Planejamento de Experimento) > Fatorial > Criação de um Experimento Fatorial.**



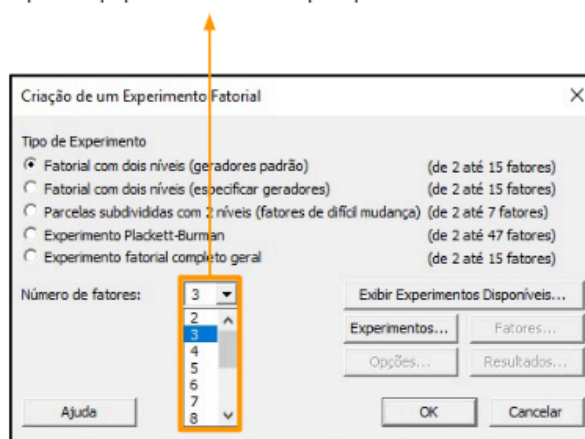
PASSO 2: Selecionar a quantidade de fatores que será utilizado no teste. Neste caso, como está sendo avaliado a Temperatura, Concentração e Tipo de Catalisador, deve-se utilizar 3 fatores.



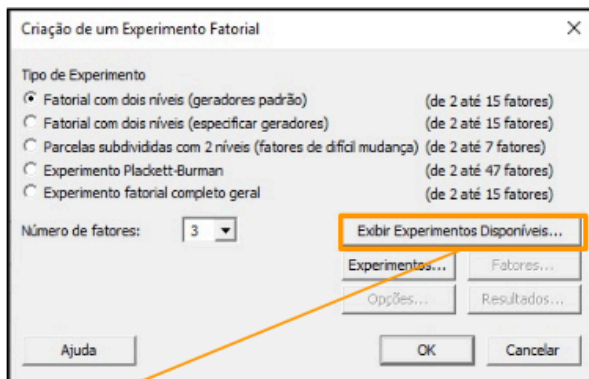
Passo 2.1: Selecionar a quantidade de fatores a ser avaliado no teste.

No exemplo descrito, estamos verificando 3 fatores (Temperatura, Catalisador e Concentração). Desta forma, é necessário selecionar, na opção do Minitab, o valor "3".

O Minitab permite escolher de 2 a 15 fatores distintos para análise. Estas são variáveis independentes de controle que influenciam no parâmetro de interesse, previamente determinadas pela equipe de melhoria e pesquisa.



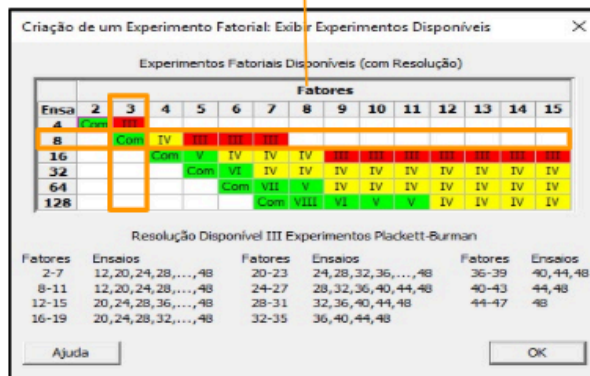
PASSO 3: Verificar a quantidade de rodadas experimentais necessárias para obter um resultado satisfatório, a partir do número de Fatores e seus ensaios.



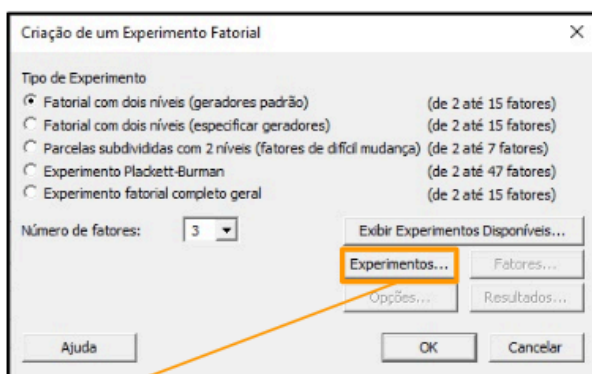
Passo 3.1: Verificar a quantidade de rodadas que deve ser realizada, pela quantidade de fatores em análise, para que seja obtido um resultado satisfatório.

No exemplo em estudo, será realizado um experimento fatorial completo. Sendo assim, partindo da tabela ao lado, serão realizados 8 rodadas experimentais.

Determinar a quantidade de rodadas experimentais (eixo vertical) pelo número de fatores a ser analisado (eixo horizontal). Os dados em "verde" apresentam bons resultados, "amarelo" são razoáveis e os "vermelhos" indesejados. Quanto menor a quantidade de rodadas, menos informação terá seu experimento (perda de informações).



PASSO 4: Selecionar o tipo de experimento a ser analisado (Completo ou Fracionado).

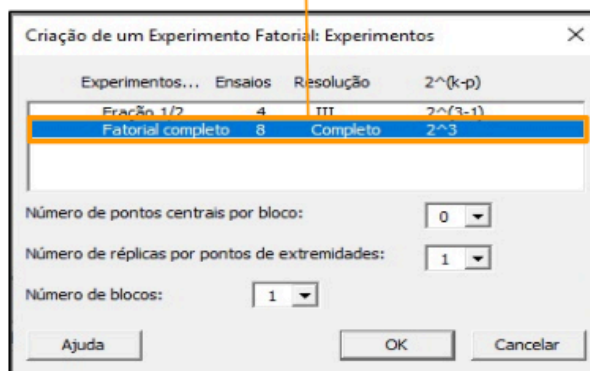


Passo 4.1: Escolher o tipo de experimento fatorial ideal para o projeto, podendo ser o Completo ou o Fracionado.

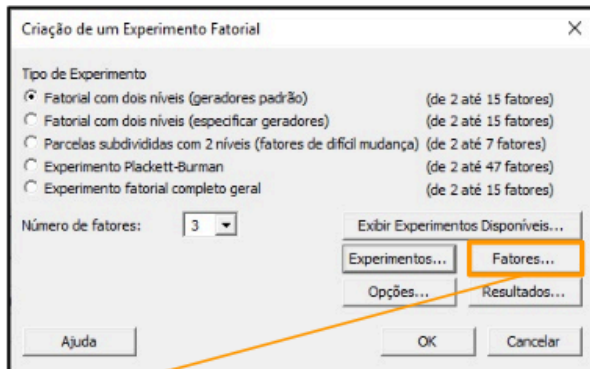
No exemplo em estudo, será realizado um experimento fatorial completo. Sendo assim, você deve selecionar a opção do Minitab descrito como "Fatorial Completo".

Determinar o tipo de experimento que se deseja realizar. Você poderá realizar de forma Completa (k) ou de forma Fracionada (k-1), dependendo da quantidade de fatores em estudo. Nesta etapa, você determina a quantidade de rodadas experimentais que seu processo deve desenvolver.

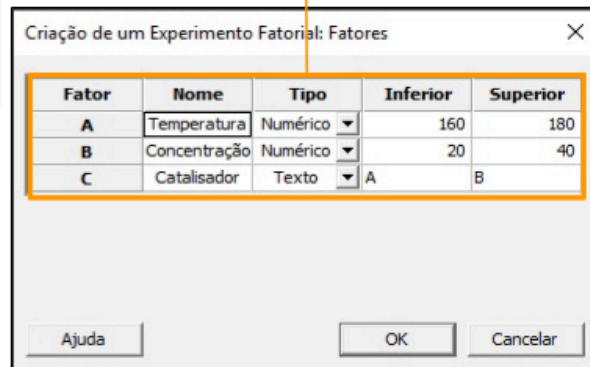
Manter número de Réplicas igual a 1.



PASSO 5: Selecionar os fatores e os níveis que serão utilizados no experimento.



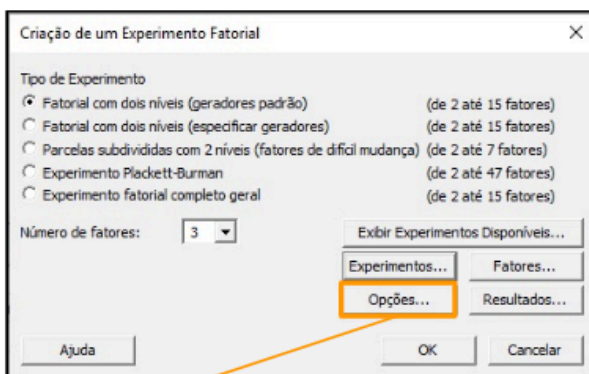
O Minitab permite descrevermos os Níveis de forma quantitativa (numérica) ou qualitativa (texto).



Passo 5.1: Ilustrar os fatores a serem analisados e seus níveis de experimentação.

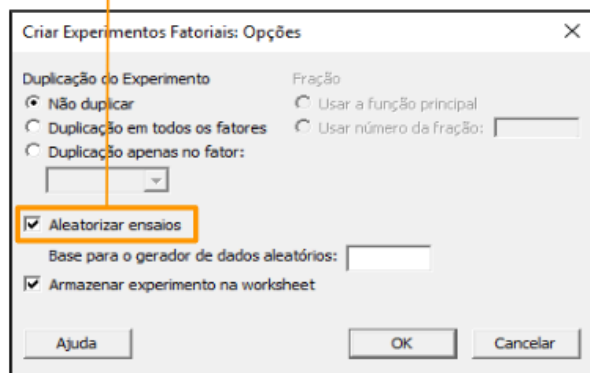
No exemplo em estudo, serão analisados os fatores e seus respectivos níveis: Temperatura (160°C e 180°C), Concentração (20% e 40%) e Catalisador (tipo A ou B)

PASSO 6: Verificar a aleatorização do desenho experimental.



A aleatorização é importante para gerar uma distribuição de referência válida para realizar comparação estatística dos dados.

Certificar se a opção "Aleatorizar Ensaios" está devidamente selecionada.



Passo 6.1: Informar se a experimentação será aleatorizada ou não.

No caso em estudo, a aleatorização é utilizada para que as análises estatísticas sejam adequadas.

PASSO 7: Preencher os resultados obtidos no Desenho Experimental Desenvolvido.

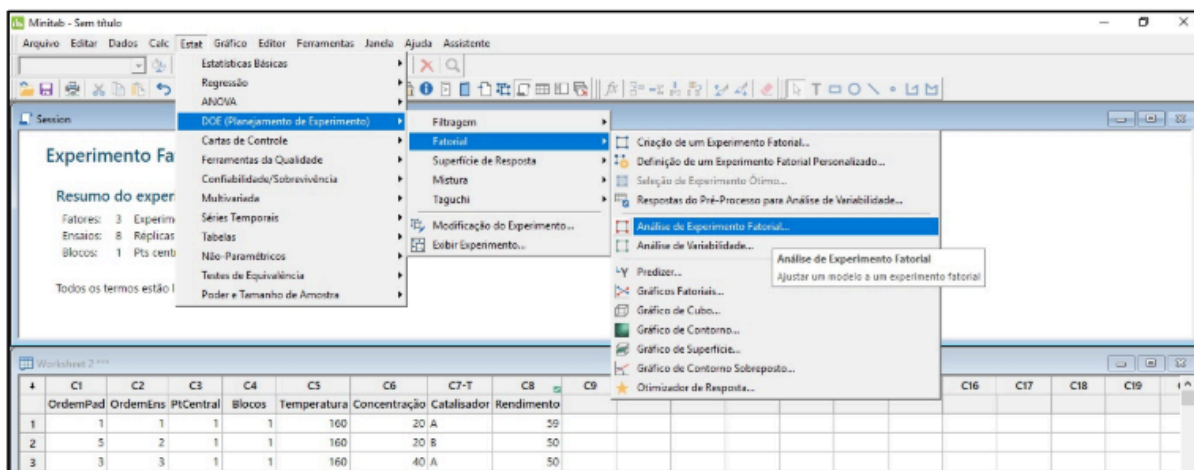
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7-T
	OrdemPad	OrdemEns	PtCentral	Blocos	Temperatura	Concentração	Catalisador
1	1	1	1	1	160	20	A
2	5	2	1	1	160	20	B
3	3	3	1	1	160	40	A
4	6	4	1	1	180	20	B
5	7	5	1	1	160	40	B
6	8	6	1	1	180	40	B
7	4	7	1	1	180	40	A
8	2	8	1	1	180	20	A

Após realizado todas as etapas anteriores, o seguinte worksheet será gerado. Nele constará o Roteiro de Experimentação Aleatorizado para que seja aplicado.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7-T	C8
	OrdemPad	OrdemEns	PtCentral	Blocos	Temperatura	Concentração	Catalisador	Rendimento
1	1	1	1	1	160	20	A	59
2	5	2	1	1	160	20	B	50
3	3	3	1	1	160	40	A	50
4	6	4	1	1	180	20	B	81
5	7	5	1	1	160	40	B	46
6	8	6	1	1	180	40	B	79
7	4	7	1	1	180	40	A	69
8	2	8	1	1	180	20	A	74
9								

Passo 7.1: Como no exemplo em estudo, deve-se realizar a experimentação conforme o roteiro gerado anteriormente. Neste caso, foi avaliado o Rendimento do processo com relação à Temperatura, Concentração e Catalisador. Os resultados adquiridos foram anotados, como consta ao lado.

PASSO 8: O próximo passo é realizar as análises gráficas e determinar qual é o fator que mais influencia no processo. Para isso, você deve seguir os seguintes passos: **Stat > DOE (Planejamento de Experimentos) > Fatorial > Análise de Experimento Fatorial.**



PASSO 9: Selecionar os gráficos que serão gerados para análise.

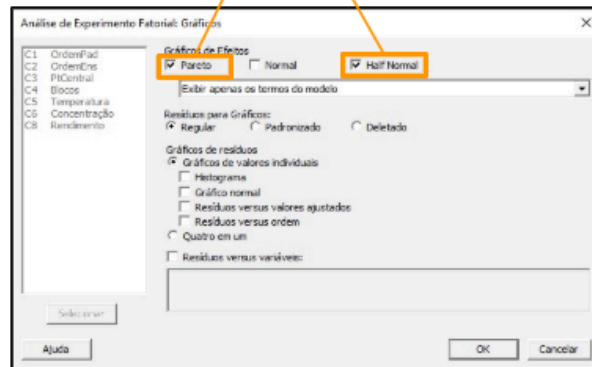


Passo 9.2: Selecionar os gráficos de interesse para análise dos fatores que mais influenciam no processo

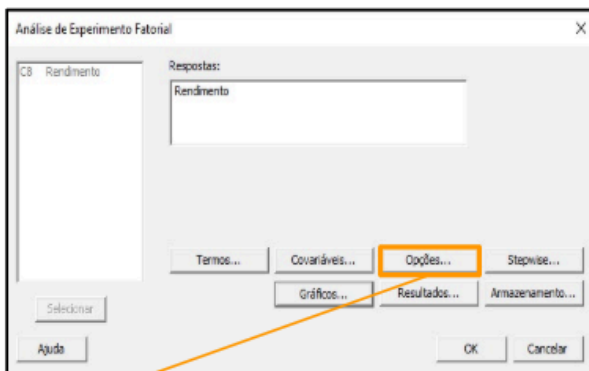
Para se verificar qual o fator que mais influencia na variável resposta, é necessário desenvolver os gráficos de Pareto e Half Normal.

Passo 9.1: Selecionar a variável de interesse para experimentação.

Selecionar as opções "Pareto" e "Half Normal" presente em "Gráfico de Efeitos"



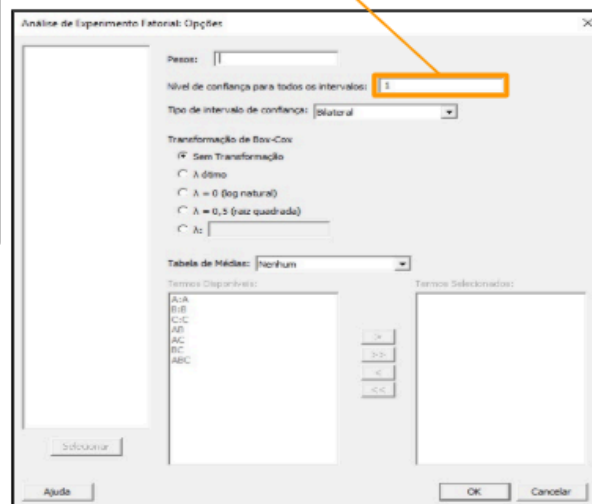
PASSO 10: Selecionar o nível de confiança igual a 1.



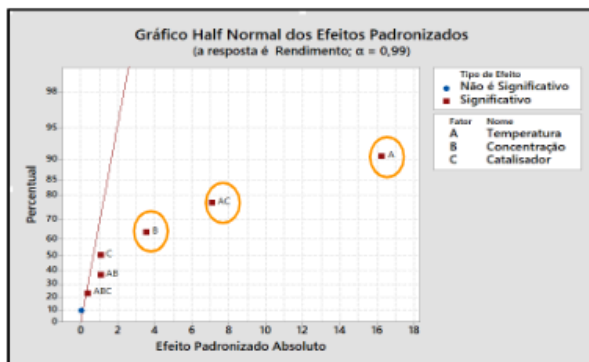
Passo 10.1: Selecionar o nível de confiança que se pretende utilizar.

Para melhor análise gráfica, utiliza-se o nível de confiança igual a 1. Isso acontece para que os gráficos de Half Normal e Pareto não sejam distorcidos, levando a análises equivocadas.

Selecionar 1 no nível de confiança



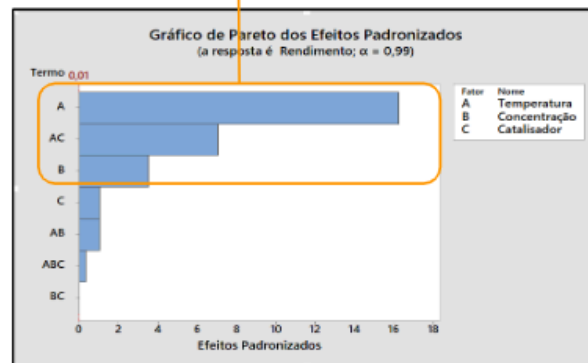
PASSO 11: Realizar a interpretação dos gráficos de Pareto e Half Normal



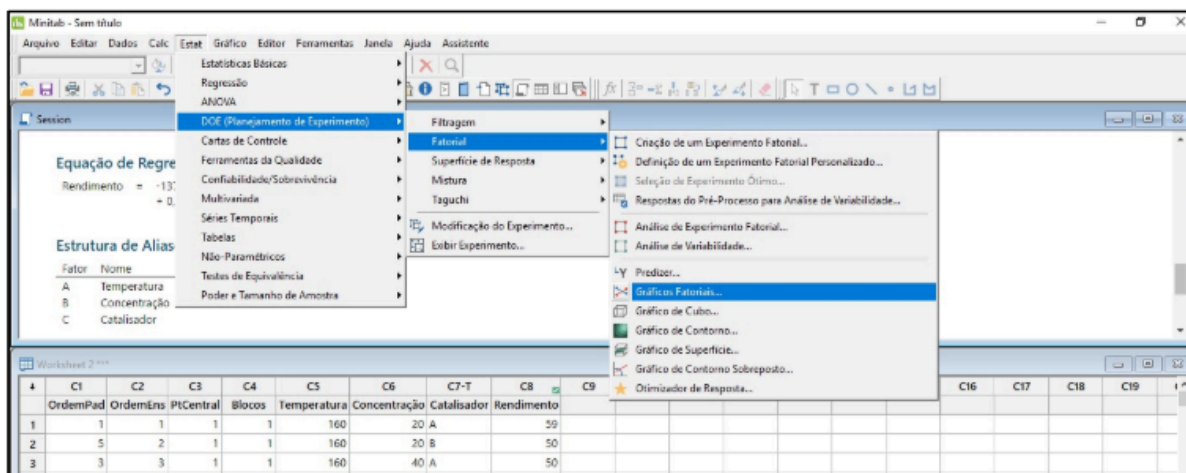
O gráfico de Pareto deve ser utilizado em conjunto com o gráfico de Half Normal. Quanto maior a barra, mais significativo será o fator com relação à variável resposta.

O Gráfico Half Normal consta de uma linha, distribuição normal com desvio padrão igual a 1, e alguns pontos que representam os fatores em análise. Quanto mais distantes estiverem estes pontos da linha, mais significativo será o fator com relação à variável resposta.

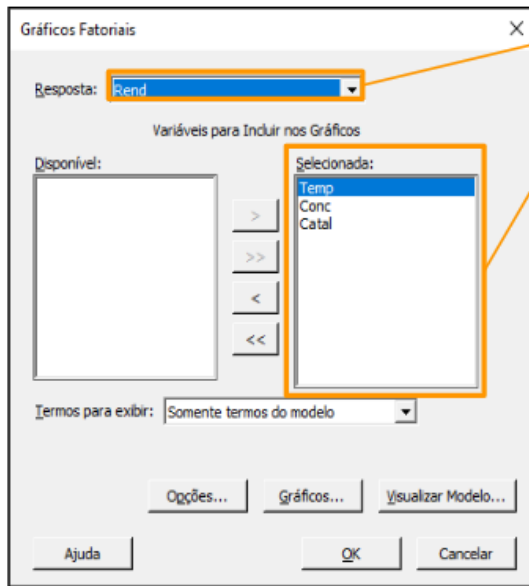
No exemplo em estudo, as variáveis de entrada isoladas A e B e a interação AC influenciam significativamente no processo.



PASSO 12: O próximo passo é realizar a análise dos Gráficos de Interação, referente aos fatores que mais impactam no processo. Para isso, você deve seguir os passos: **Stat > DOE (Planejamento de Experimento) > Fatorial > Gráficos Fatoriais.**



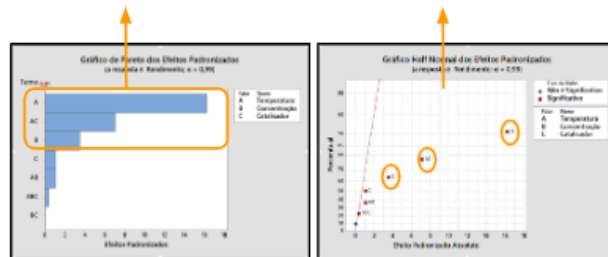
PASSO 13: Selecionar o nível de confiança igual a 1.



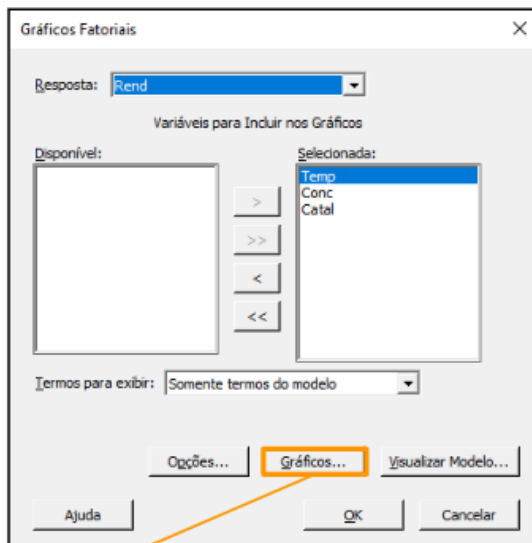
Passo 13.1: Selecionar a variável resposta que se pretende analisar. No caso do exemplo, selecionar “Rendimento”, ou “Rend”.

Passo 13.2: Selecionar as variáveis, e suas interações, que mais impactam no processo.

Com o auxílio do Gráfico de Pareto e Half Normal, deve-se identificar as variáveis que mais influenciam o processo. No caso em estudo, as variáveis de “Temperatura (A)”, “Concentração (B)” e Catalisador (C)” devem ser avaliados, uma vez que estes se destoaram mais nos referentes gráficos.



PASSO 14: Selecionar a opção “Gráfico de Efeitos Principais” e “Gráfico de Interações”.

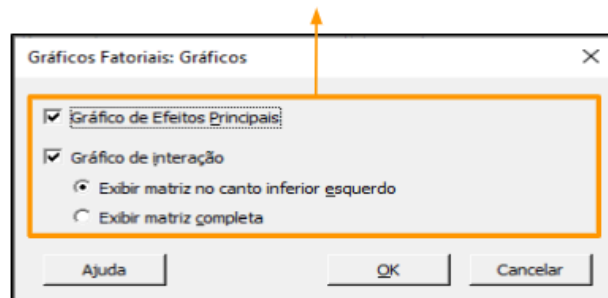


Passo 14.1: Selecionar as opções de gráfico que serão gerados para análise das receitas das variáveis.

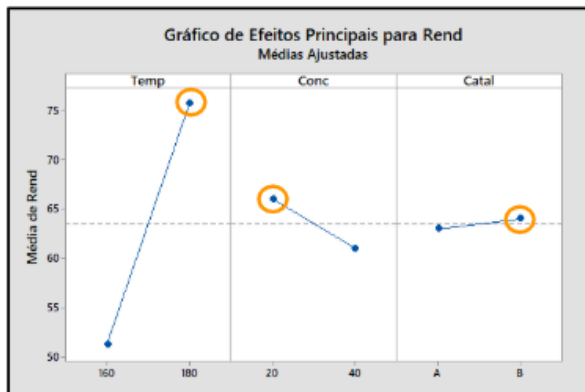
O Gráfico de Efeitos Principais irá avaliar a configuração das variáveis isoladas que mais impactam o processo, individualmente.

O Gráfico de Interação irá avaliar as interações entre as variáveis e seu impacto no processo.

Passo 14.2: No caso em estudo, deve-se avaliar as configurações das variáveis individuais (Temperatura “A” e Concentração “B”) e a interação entre Temperatura e Catalisador “AC”. Selecionar as opções “Gráfico de Efeitos Principais” e “Gráfico de Interação”.



PASSO 15: Analisar os Gráficos de Interação e Efeitos Principais.

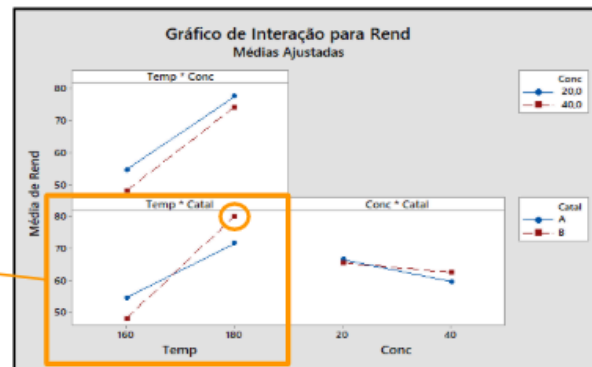


No Gráfico de Efeitos Principais, quanto maior a inclinação, da reta, maior é a relevância das variáveis e seus níveis no resultado final.

No Gráfico em estudo, verifica-se que a inclinação da reta referente à variável "Temperatura" é maior que o restante e, conseqüentemente, maior é o impacto sobre o Rendimento final.

No Gráfico de Interações, quanto menos as retas estiverem paralelas entre si, menor é a interação entre as variáveis. Quando há cruzamento, há interação.

No Gráfico em estudo, deve-se avaliar somente a interação entre "Temperatura" e "Catalisador", conforme Gráfico de Pareto e Half Normal.



Pode-se concluir que, para se obter o maior nível de rendimento do produto, é necessário ajustar a Temperatura para 180, Concentração para 20% e Catalisador para Tipo B.

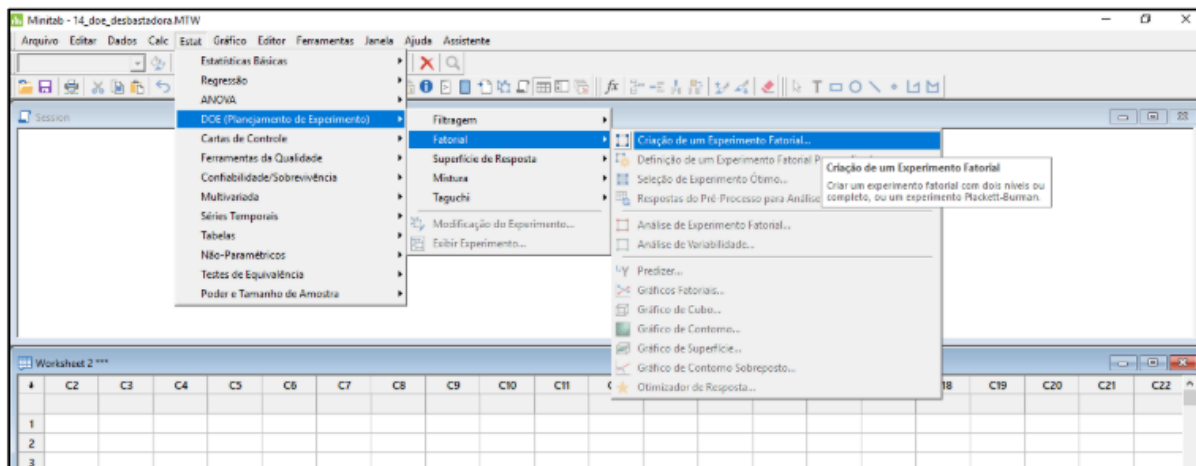
➤ DOE - Exemplo de Planejamento Fatorial Fracionado

Para melhor entendimento, tomemos como exemplo o seguinte caso:

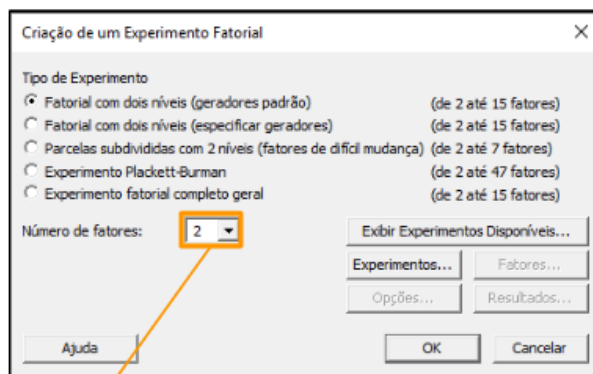
"O departamento de qualidade de uma indústria têxtil, ao receber muitas reclamações de clientes externos sobre a qualidade dos tecidos oferecidos, decidiu realizar um Planejamento de Experimento Fatorial em uma máquina desbastadora. Este estudo objetivou-se em avaliar a melhor configuração que a máquina deve apresentar para minimizar a Taxa de Remoção de Material. Para isso, levou-se em consideração os seguintes fatores e seus respectivos níveis: Profundidade de Penetração (3 mm e 4 mm); Largura da Escova (38 mm e 50 mm); Número de Filamentos (20 mil e 25 mil); Tamanho do Filamento (25 mm e 50 mm) e Diâmetro do Filamento (0,25 mm e 0,38 mm). Pelo fato deste experimento envolver 5 fatores distintos, a alta diretoria decidiu reduzir os investimentos financeiros para isto, tornando-se necessário diminuir o número de corridas experimentais em uma fração de 1/4 (8 rodadas)".

Para se realizar o Planejamento Fatorial Fracionado do caso acima descrito, foram tomados os seguintes passos:

→ **PASSO 1:** Para o desenvolvimento de um Planejamento Fatorial Fracionado, é necessário, primeiramente, elaborar um Desenho Experimental, o qual é preenchido conforme a condução do experimento. Para isso, com o auxílio do Minitab, deve-se selecionar: **Stat > DOE (Planejamento de Experimento) > Fatorial > Criação de um Experimento Fatorial.**



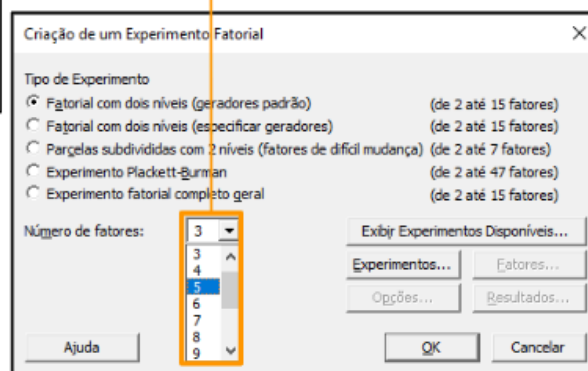
→ **PASSO 2:** Selecionar a quantidade de fatores que será utilizado no teste. Neste caso, como está sendo avaliado a Profundidade de penetração, Largura da escova, Número de filamentos, Tamanho do filamento e Diâmetro do filamento, deve-se utilizar 5 fatores.



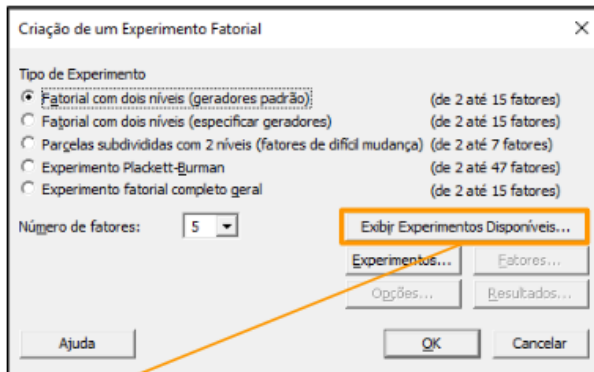
Passo 2.1: Selecionar a quantidade de fatores a ser avaliado no teste.

No exemplo descrito, estamos verificando 5 fatores distintos (Profundidade de Penetração, Largura da Escova, Número de Filamentos, Tamanho do Filamento e Diâmetro do Filamento). Desta forma, é necessário selecionar, na opção do Minitab, o valor "5".

O Minitab permite escolher de 2 a 15 fatores distintos para análise. Estas são variáveis independentes de controle que influenciam no parâmetro de interesse, previamente determinadas pela equipe de melhoria e pesquisa.



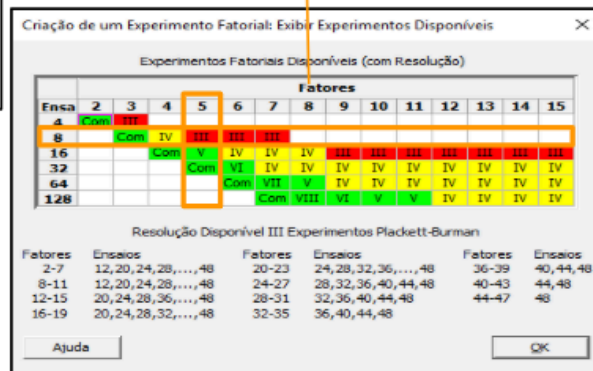
→ **PASSO 3:** Verificar a quantidade de rodadas experimentais necessárias para obter um resultado satisfatório, a partir do número de Fatores e seus ensaios.



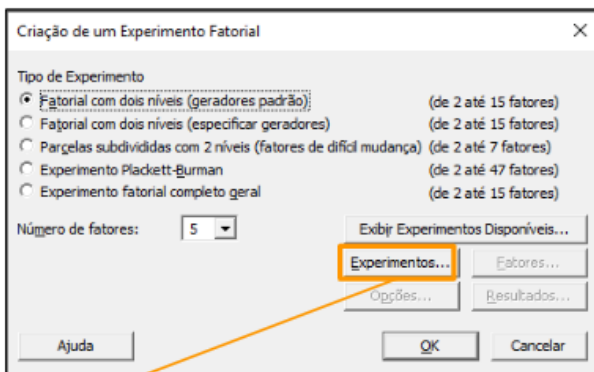
Passo 3.1: Verificar a quantidade de rodadas que deve ser realizada, pela quantidade de fatores em análise, para que seja obtido um resultado satisfatório.

No exemplo em estudo, será realizado um experimento fatorial fracionado com fração 1/4. Sendo assim, partindo da tabela ao lado, serão realizados 8 rodadas experimentais.

Determinar a quantidade de rodadas experimentais (eixo vertical) pelo número de fatores a ser analisado (eixo horizontal). Os dados em "verde" apresentam bons resultados, "amarelo" são razoáveis e os "vermelhos" indesejados. Quanto menor a quantidade de rodadas, menos informação terá seu experimento (perda de informações).



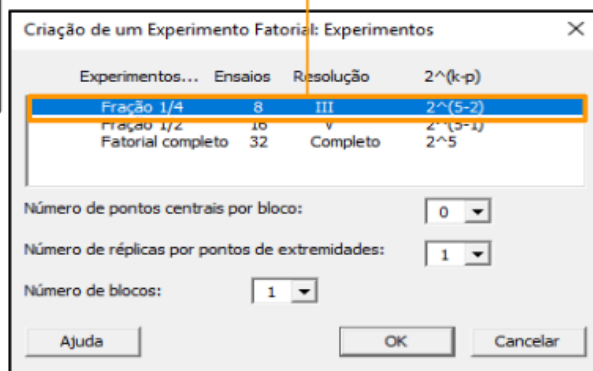
→ **PASSO 4:** Selecionar o tipo de experimento a ser analisado (Completo ou Fracionado).



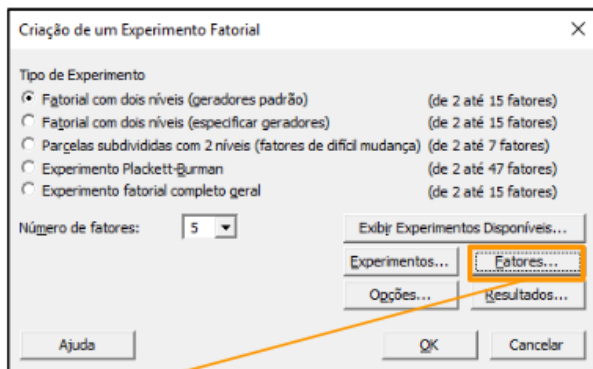
Passo 4.1: Escolher o tipo de experimento fatorial ideal para o projeto, podendo ser o Completo ou o Fracionado.

No exemplo em estudo, será realizado um experimento fatorial fracionado em fração 1/4. Para isso, você deve selecionar a melhor opção, da janela ao lado, que se adequa a esta fração.

Determinar o tipo de experimento que se deseja realizar. Você poderá realizar de forma Completa (k) ou de forma Fracionada (k-1), dependendo da quantidade de fatores em estudo. Nesta etapa, você determina a quantidade de rodadas experimentais que seu processo deve desenvolver.



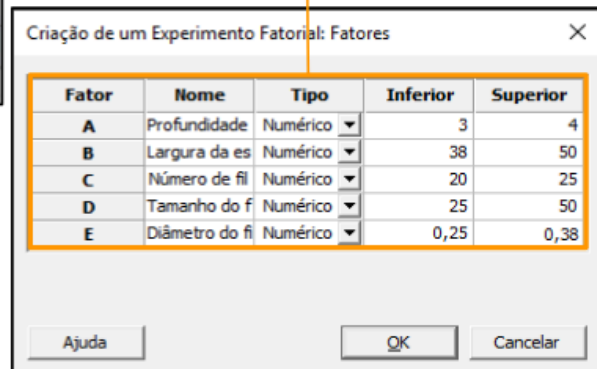
→ **PASSO 5:** lustrar os fatores e os níveis que serão utilizados no experimento.



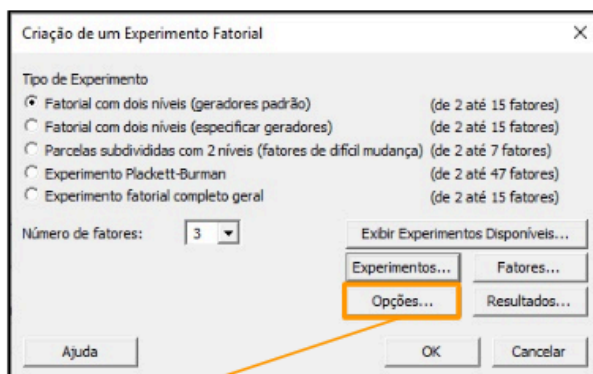
O Minitab permite descrevermos os Níveis de forma quantitativa (numérica) ou qualitativa (texto).

Passo 5.1: lustrar os fatores a serem analisados e seus níveis de experimentação.

No exemplo em estudo, serão analisados os fatores e seus respectivos níveis: Profundidade de Penetração (3mm e 4mm), Largura da escova (38mm e 50mm), Número de filamentos (20 mil e 25 mil), Tamanho do filamento (25mm e 50mm) e Diâmetro do filamento (0,25mm e 0,38mm).



→ **PASSO 6:** Verificar a aleatorização do desenho experimental.

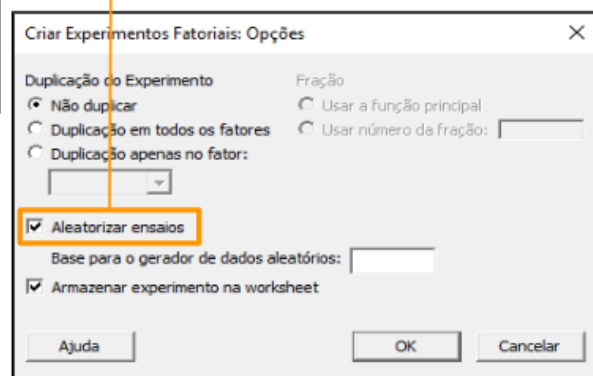


A aleatorização é importante para gerar uma distribuição de referência válida para realizar comparação estatística dos dados.

Certificar se a opção "Aleatorizar Ensaios" está devidamente selecionada.

Passo 6.1: Informar se a experimentação será aleatorizada ou não.

No caso em estudo, a aleatorização é utilizada para que as análises estatísticas sejam adequadas.



→ **PASSO 7:** Preencher os resultados obtidos no Desenho Experimental Desenvolvido.

4	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
	OrdemPad	OrdemEns	PCentral	Blocos	Profundidade de Penetração	Largura da escova	Número de filamentos	Tamanho do filamento	Diâmetro do filamento
1	2	1	1	1	4	38	20	25	0,25
2	5	2	1	1	3	38	25	50	0,25
3	3	3	1	1	3	50	20	25	0,38
4	7	4	1	1	3	50	25	25	0,25
5	4	5	1	1	4	50	20	50	0,25
6	6	6	1	1	4	38	25	25	0,38
7	1	7	1	1	3	38	20	50	0,38
8	8	8	1	1	4	50	25	50	0,38

Após realizado todas as etapas anteriores, o seguinte *Worksheet* será gerado. Nele constará o Roteiro de Experimentação Aleatorizado para que seja aplicado.

4	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
	OrdemPad	OrdemEns	PCentral	Blocos	Profundidade de Penetração	Largura da escova	Número de filamentos	Tamanho do filamento	Diâmetro do filamento	Taxa de Remoção
1	2	1	1	1	4	38	20	25	0,25	150
2	5	2	1	1	3	38	25	50	0,25	163
3	3	3	1	1	3	50	20	25	0,38	115
4	7	4	1	1	3	50	25	25	0,25	128
5	4	5	1	1	4	50	20	50	0,25	105
6	6	6	1	1	4	38	25	25	0,38	114
7	1	7	1	1	3	38	20	50	0,38	123
8	8	8	1	1	4	50	25	50	0,38	78

Passo 7.1: Como no exemplo em estudo, deve-se realizar a experimentação conforme o roteiro gerado anteriormente. Neste caso, foi avaliado a Taxa de Remoção do processo com relação à: Profundidade de Penetração, Largura da Escova, Número de filamentos, Tamanho do filamento e diâmetro do filamento. Os resultados adquiridos foram anotados, como consta ao lado.

→ **PASSO 8:** Verificar as relações de confundimento presente na análise.

Relação de Identidade (I): Caracteriza-se por ser a interação que contém a maior quantidade de fatores em estudo. Considerado como o elemento neutro, este é utilizado somente para se estabelecer as relações de confundimento. Não é analisado separadamente.

Estrutura de Aliases

I + ABD + ACE + BCDE
A + BD + CE + ABCDE
B + AD + CDE + ABCE
C + AE + BDE + ABCD
D + AB + BCE + ACDE
E + AC + BCD + ABDE
BC + DE + ABE + ACD
BE + CD + ABC + ADE

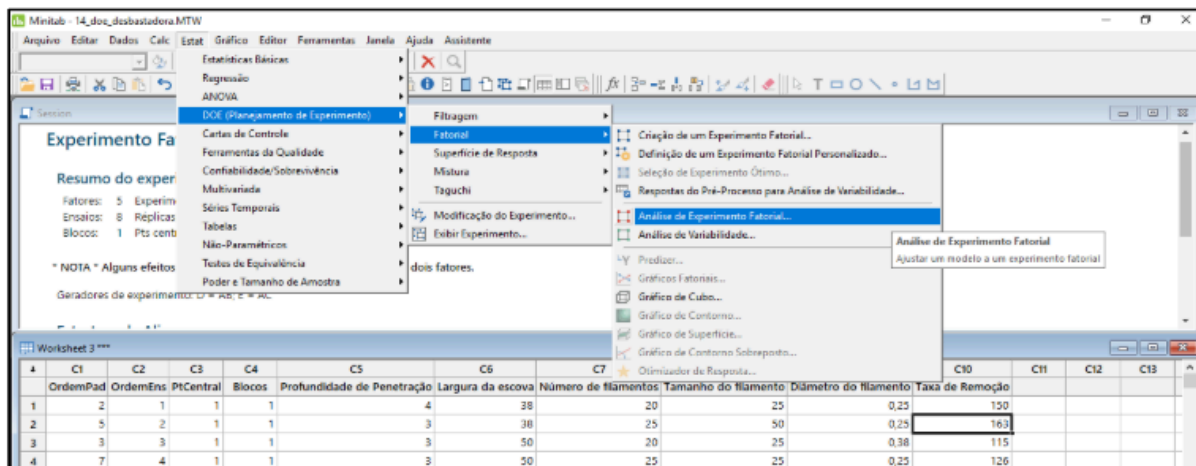
As relações de confundimento estão apresentadas em cada linha, separadamente. Sendo assim, na primeira linha do exemplo em estudo, pode-se dizer que o fator "A" está confundido com a interação "BD", "CE" e "ABCDE". Na segunda linha, pode-se dizer que o fator "B" está confundido com as interações "AD", "CDE" e "ABCE", e assim por diante.

Experimentos com interações acima de 3 fatores são sempre considerados triviais (não impactantes) no processo, sendo, então, descartados das relações de confundimento. Sendo assim, na primeira linha, pode-se dizer que o fator "A" estará confundido somente com as interações "BD" e "CE", eliminando a interação "ABCDE" por este apresentar mais de 3 fatores.

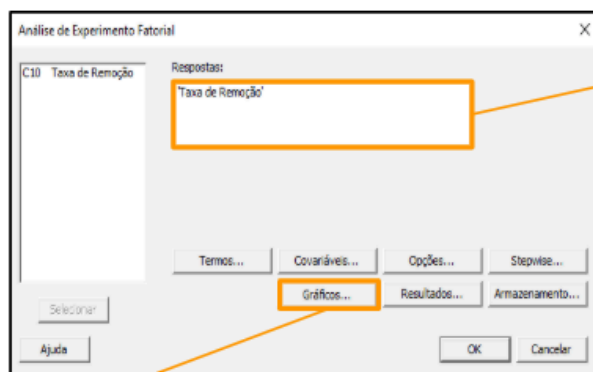
Experimentos com interações de 2 ou menos fatores são sempre consideradas vitais para o processo. Em caso de confundimento, deve-se avaliar o resultado do processo a partir da experimentação dos fatores separadamente e observar qual obteve o melhor resultado.

Quanto maior a quantidade de fracionamentos experimental, maior a quantidade de confundimento gerado!

→ **PASSO 9:** O próximo passo é realizar as análises gráficas e determinar qual é o fator que mais influencia no processo. Para isso, você deve seguir os seguintes passos: **Stat > DOE (Planejamento de Experimentos) > Fatorial > Análise de Experimento Fatorial.**

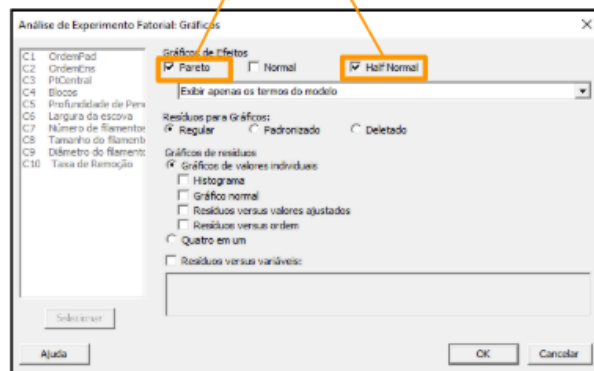


→ **PASSO 10:** Selecionar os gráficos que serão gerados para análise.



Passo 10.1: Selecionar a variável de interesse para experimentação.

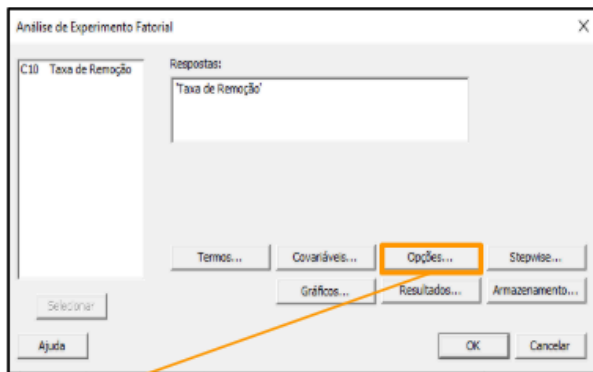
Selecionar as opções "Pareto" e "Half Normal" presente em "Gráfico de Efeitos"



Passo 10.2: Selecionar os gráficos de interesse para análise dos fatores que mais influenciam no processo

Para se verificar qual o fator que mais influencia na variável resposta, é necessário desenvolver os gráficos de Pareto e Half Normal.

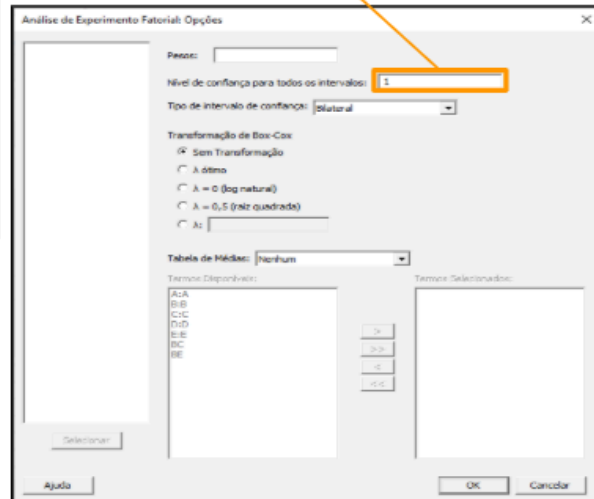
→ **PASSO 11:** Selecionar o nível de confiança igual a 1.



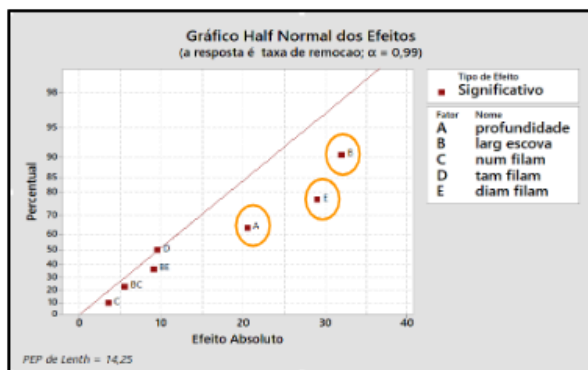
Passo 11.1: Seleccionar o nível de confiança que se pretende utilizar.

Para melhor análise gráfica, utiliza-se o nível de confiança igual a 1. Isso acontece para que os gráficos de Half Normal e Pareto não sejam distorcidos, levando a análises equivocadas.

Seleccionar 1 no nível de confiança



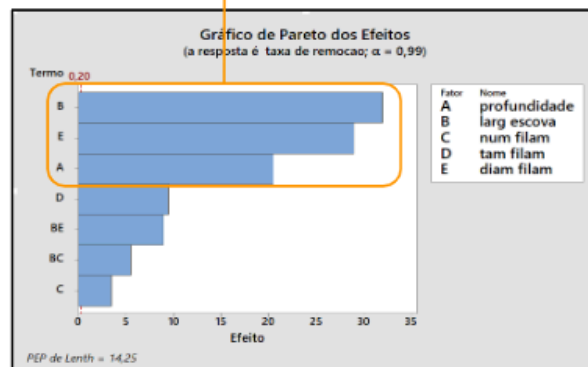
→ **PASSO 12:** Realizar a interpretação dos gráficos de Pareto e Half Normal.



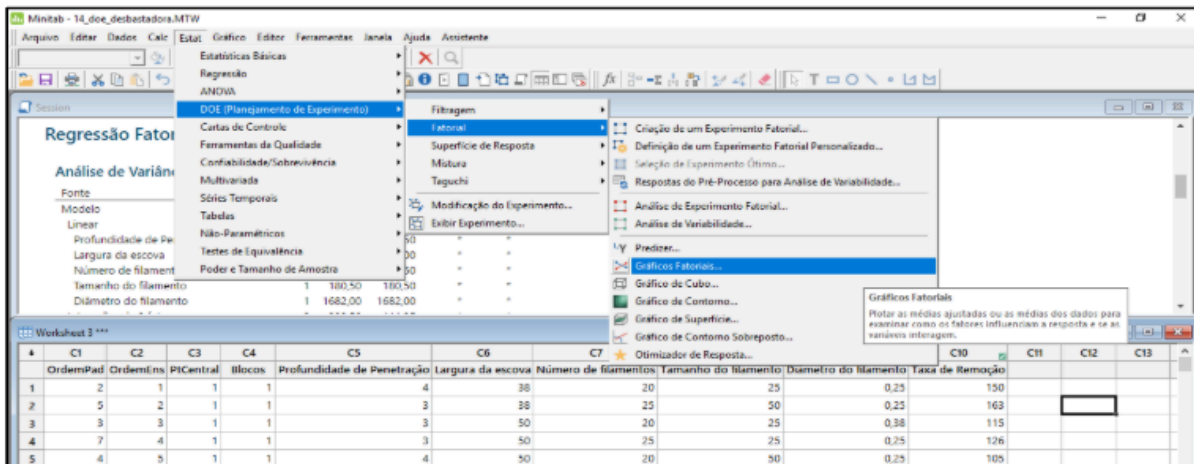
O Gráfico Half Normal consta de uma linha, distribuição normal com desvio padrão igual a 1, e alguns pontos que representam os fatores em análise. Quanto mais distantes estiverem estes pontos da linha, mais significativo será o fator com relação à variável resposta.

No exemplo em estudo, as variáveis de entrada B, E e A influenciam significativamente no processo.

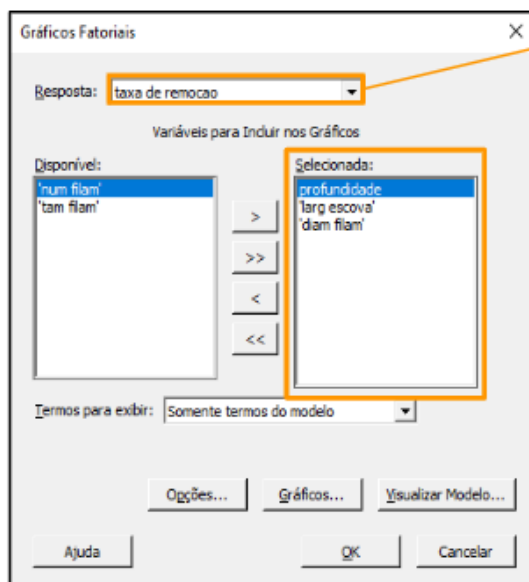
O gráfico de Pareto deve ser utilizado em conjunto com o gráfico de Half Normal. Quanto maior a barra, mais significativo será o fator com relação à variável resposta.



→ **PASSO 13:** O próximo passo é realizar a análise dos Gráficos de Interação, referente aos fatores que mais impactam no processo. Para isso, você deve seguir os passos: **Stat > DOE (Planejamento de Experimento) > Fatorial > Gráficos Fatoriais.**



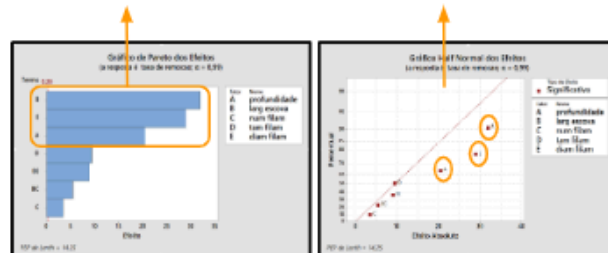
→ **PASSO 14:** Selecionar as variáveis vitais para analisar em Gráficos de Interações.



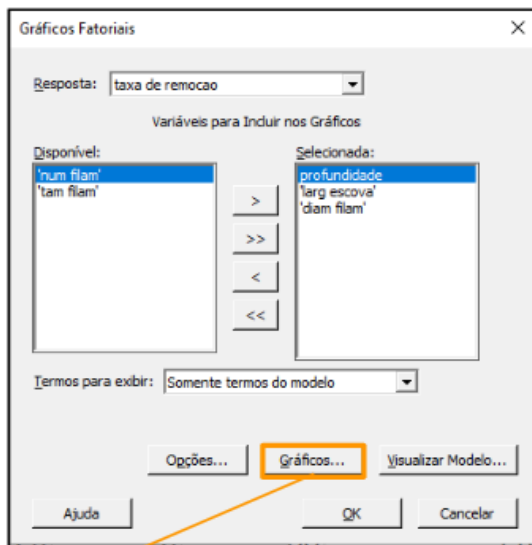
Passo 14.1: Selecionar a variável resposta que se pretende analisar. No caso do exemplo, selecionar "Rendimento", ou "Rend".

Passo 14.2: Selecionar as variáveis, e suas interações, que mais impactam no processo.

Com o auxílio do Gráfico de Pareto e Half Normal, deve-se identificar as variáveis que mais influenciam o processo. No caso em estudo, as variáveis de "Profundidade (A)", "Largura da Escova (B)" e Diâmetro do Filamento (E)" devem ser avaliados, uma vez que estes se destoam mais nos referentes gráficos.



→ **PASSO 15:** Selecionar as variáveis vitais para analisar em Gráficos de Interações.

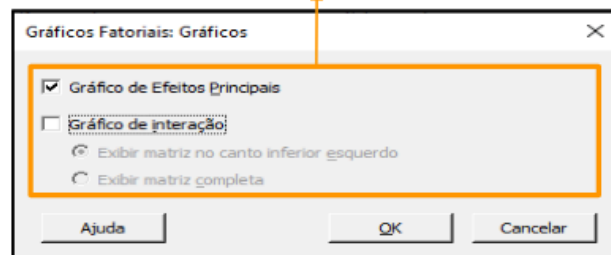


Passo 15.1: Selecionar as opções de gráfico que serão gerados para análise das receitas das variáveis.

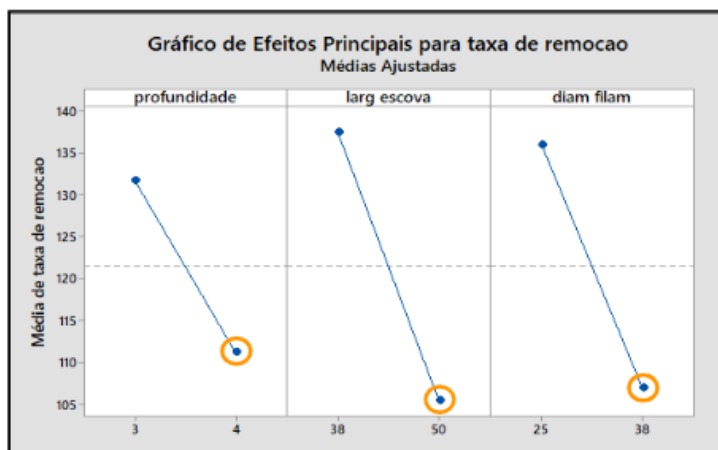
O Gráfico de Efeitos Principais irá avaliar a configuração das variáveis isoladas que mais impactam o processo, individualmente.

O Gráfico de Interação irá avaliar as interações entre as variáveis e seu impacto no processo.

Passo 15.2: No caso em estudo, deve-se avaliar as configurações das variáveis individuais (Profundidade "A", Largura da Escova "B" e Diâmetro do Filamento "E"). Como não há interações entre variáveis, não deve considerar o desenvolvimento de Gráficos de Interação. Selecionar a opção "Gráficos de Efeitos Principais".



→ **PASSO 16:** Determinar a melhor "receita" para as variáveis para maximizar a resposta do processo.



No Gráfico de Efeitos Principais, quanto maior a inclinação da reta, maior é a relevância das variáveis e seus níveis no resultado final.

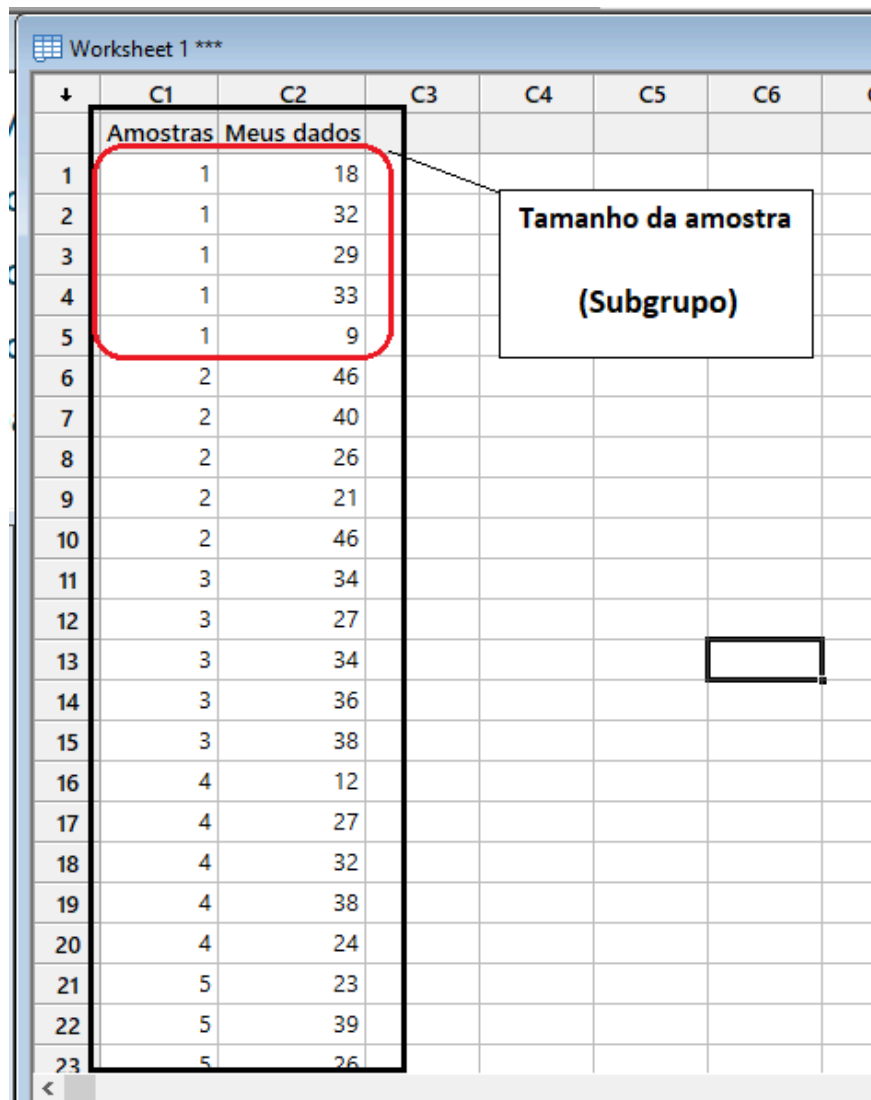
No Gráfico em estudo, verifica-se que a inclinação da reta referente às variáveis "Largura do Comprimento" e "Diâmetro do Filamento" são maiores que o fator "Profundidade" e, conseqüentemente, maior é o impacto sobre a Taxa de Remoção Final.

Para minimizar a Taxa de Remoção de Material, a melhor receita para dos fatores é: Profundidade igual a 4 mm; Largura da Escova igual a 50 mm e Diâmetro do Filamento igual a 0,38 mm.

Capabilidade

➤ **Capabilidade no Minitab - Variáveis contínuas**

Primeiramente, é necessário organizar seus dados no Minitab. Crie uma coluna para as amostras coletadas (indicam o tamanho do subgrupo) e outra para os dados coletados dessas amostras.

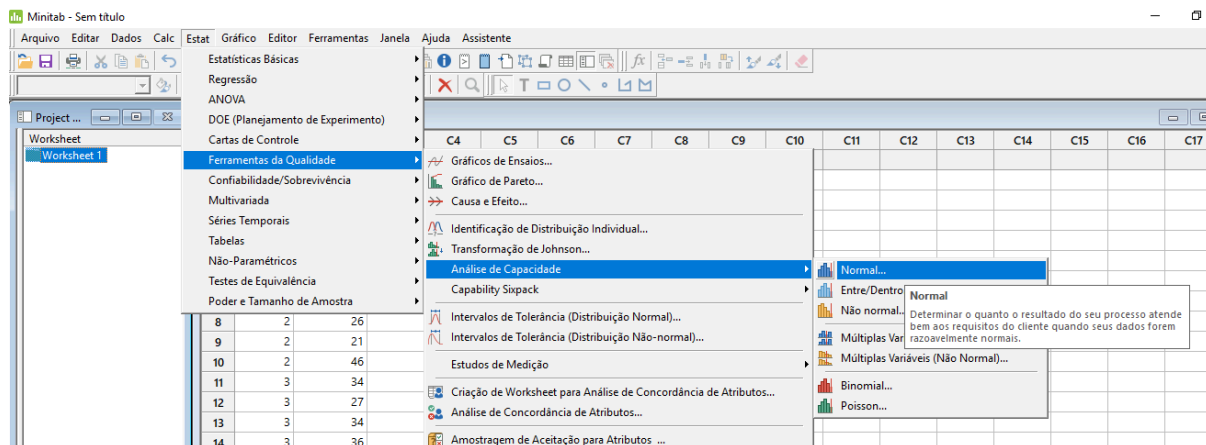


The screenshot shows a Minitab worksheet titled "Worksheet 1 ***". The data is organized into two columns: "Amostras" (Sample Size) in column C1 and "Meus dados" (My data) in column C2. The data is as follows:

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	Amostras	Meus dados				
1	1	18				
2	1	32				
3	1	29				
4	1	33				
5	1	9				
6	2	46				
7	2	40				
8	2	26				
9	2	21				
10	2	46				
11	3	34				
12	3	27				
13	3	34				
14	3	36				
15	3	38				
16	4	12				
17	4	27				
18	4	32				
19	4	38				
20	4	24				
21	5	23				
22	5	39				
23	5	26				

A red box highlights the first five rows of data, and a callout box points to it with the text "Tamanho da amostra (Subgrupo)".

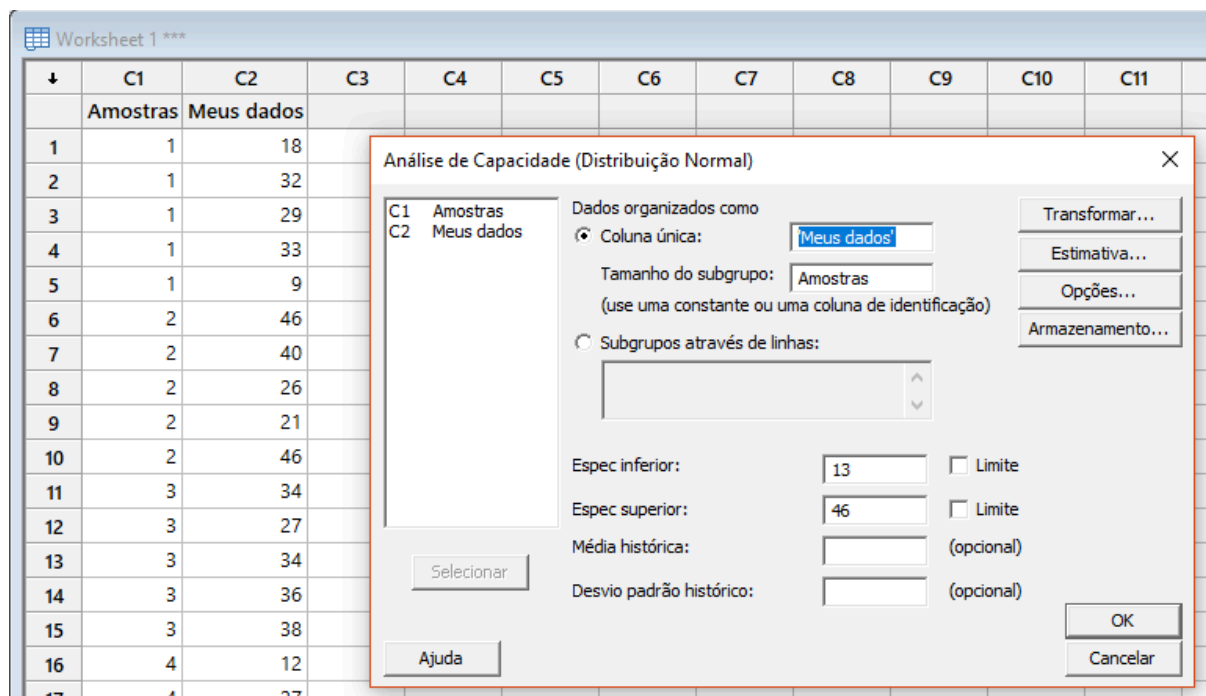
Agora que temos os dados, vamos seguir o caminho **Estat>Ferramentas de Qualidade> Análise de Capacidade> Normal**



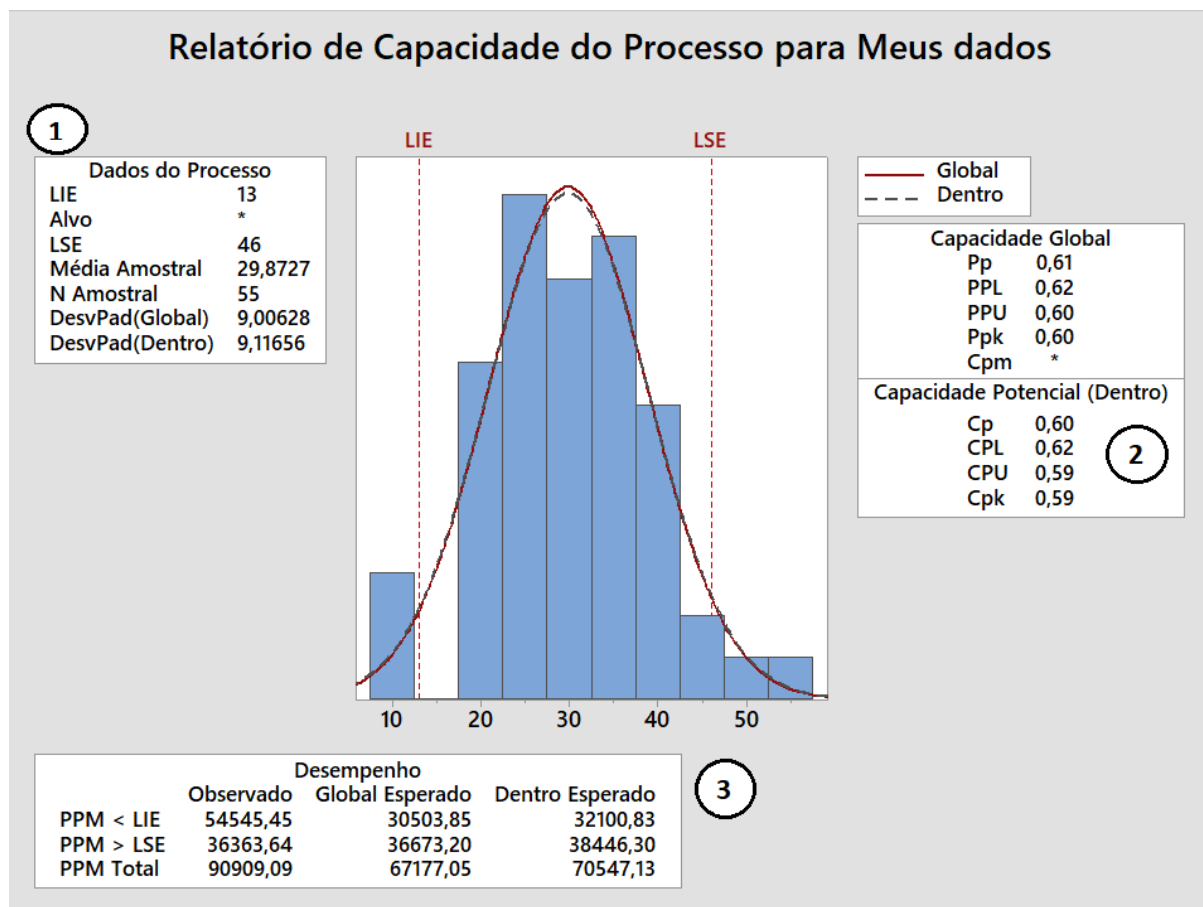
Obs 1: A análise de capacidade normal é para dados de variáveis do tipo numérica contínua.

Obs 2: Para dados contínuos de subgrupo de tamanho 1 é necessário analisar se os dados seguem uma distribuição normal previamente

Para concluir a configuração indique em qual coluna estão seus dados e onde está a informação do subgrupo (é possível colocar uma constante no caso de subgrupos de tamanho fixo):



Em nosso exemplo, os limites de especificação (que indicam a tolerância de seu cliente) são **LIE=13** e **LSE=46**. O gráfico gerado será o abaixo:



Nesse gráfico, além do histograma apresentando as linhas de ajuste e dos limites de especificação, temos:

1 - Informações sobre as amostras coletadas

2 - Indicadores de performance (Global) e de Capabilidade (Dentro). [Veja a diferença entre esses indicadores nesse artigo](#)

3 - Desempenho (PPM)

- Observado: PPM observado a partir dos dados, somando todas as barras do Histograma que fogem dos limites de especificação

- Esperado: Calculado pelo Minitab. É a integral da região da curva que fica fora dos limites de especificação

Quando estamos analisando amostragem para estudo de um indicador de qualidade, o mais correto é analisar os indicadores da curva "Dentro" - Cp e Cpk, pois eles consideram o tamanho do subgrupo das amostras.

Os indicadores de performance (Pp e PpK) são utilizados em acompanhamentos de processos, geralmente em inspeções de 80% ou mais e com grande quantidade de dados históricos.

➤ Critérios para analisar a Capabilidade

Quando tratamos de variáveis contínuas, conseguimos medir o índice de capabilidade de um processo pelas equações de capabilidade.

A partir do índice de capabilidade obtido somos capazes de definir o nível SIGMA de nosso processo, bem como se o processo é capaz de entregar dentro das especificações do cliente.

Dizemos que um processo é capaz quando seu Cpk é maior ou igual a 1,00!

Outro critério também muito utilizado é o Cpk maior ou igual a 1,33; indicando que o processo é competitivo.

A partir disso, buscamos valores maiores de capabilidade para que, mesmo com as variações naturais do processo, o processo sempre entregue dentro das especificações, sendo o nível SIGMA maior quanto maior a Capabilidade do processo:

Nível sigma	PPM (ou DPMO)	Cpk	Competitividade	Capacidade do processo
1	691.460	0,33	Não competitivo	Incapaz
2	308.540	0,67	Não competitivo	Incapaz
3	66.807	1,00	Competitivo	Capaz
4	6.210	1,33	Competitivo	Capaz
5	233	1,67	Classe mundial	Capaz
6	3,4	2,00	Classe mundial	Capaz

O cálculo para obter o nível SIGMA de um processo a partir de seu PPM é dado por:

$$\text{Nível SIGMA} = 0,8406 + \sqrt{(29,37 - 2,221 * \ln[\text{PPM}])}$$

Gráfico de Controle

➤ Como calcular os limites de controle dos gráficos de controle

Os limites de controle de um gráfico de controle são calculados conforme o tipo de variável (sendo essa a razão para termos um gráfico de controle para cada tipo de variável).

Há uma série de tabelas utilizadas para os cálculos, que serão apresentadas a seguir ⇒

Variáveis contínuas

- **Gráfico de controle para dados individuais e amplitude móvel (Carta I-AM/I-MR):**

Gráfico	Individuais	AM
Médias	X	\overline{AMm}
Limite Superior de Controle (LSC)	$X + 2,66 * \overline{AMm}$	$D4 * \overline{AMm}$
Limite Inferior de Controle (LIC)	$X - 2,66 * \overline{AMm}$	$D3 * \overline{AMm}$

Os coeficientes D3 e D4 dependem do número de dados e são apresentados na tabela de coeficientes (abaixo no artigo).

- **Gráfico de controle para subgrupos de tamanho constante (Carta Xbarra - R):**

Gráfico	Xbarra (Médias)	R (amplitude)
Médias	X	\overline{Rm}
Limite Superior de Controle (LSC)	$X + A2 * \overline{Rm}$	$D4 * \overline{Rm}$
Limite Inferior de Controle (LIC)	$X - A2 * \overline{Rm}$	$D3 * \overline{Rm}$

Os coeficientes A2, D3 e D4 dependem do número de dados e são apresentados na tabela de coeficientes (abaixo no artigo). \overline{Rm} é a amplitude média de todas as amostras.

- **Gráfico de controle para subgrupos de tamanho variável (Carta Xbarra - S):**

Gráfico	Xbarra (Médias)	S (desvio padrão)
Médias	X	\overline{Sm}
Limite Superior de Controle (LSC)	$X + A3 * \overline{Sm}$	$D4 * \overline{Sm}$
Limite Inferior de Controle (LIC)	$X - A3 * \overline{Sm}$	$D3 * \overline{Sm}$

Os coeficientes A3, B3 e B4 dependem do número de dados e são apresentados na tabela de coeficientes (abaixo no artigo). R_m é a amplitude média de todas as amostras e S_m é a média dos desvios padrão de cada amostra.

Tabela de coeficientes para cálculo dos limites de controle para variáveis contínuas:

Número de amostras (n)	A2	A3	B3	B4	D2	D3	D4
2	1,88	2,66	0	3,27	1,13	0	3,27
3	1,02	1,95	0	2,57	1,69	0	2,57
4	0,73	1,63	0	2,27	2,06	0	2,28
5	0,58	1,43	0	2,09	2,33	0	2,11
6	0,48	1,29	0,03	1,97	2,53	0	2,00
7	0,42	1,18	0,12	1,88	2,70	0,08	1,92
8	0,37	1,10	0,19	1,82	2,85	0,14	1,86
9	0,34	1,03	0,24	1,76	2,97	0,18	1,82
10	0,31	0,98	0,28	1,72	3,08	0,22	1,78
11	0,29	0,93	0,32	1,68	3,17	0,26	1,74
12	0,27	0,89	0,35	1,65	3,26	0,28	1,72
13	0,25	0,85	0,38	1,62	3,34	0,31	1,69
14	0,24	0,82	0,41	1,59	3,41	0,33	1,67
15	0,22	0,79	0,43	1,57	3,47	0,35	1,65
16	0,21	0,76	0,45	1,55	3,53	0,36	1,64
17	0,20	0,74	0,47	1,53	3,59	0,38	1,62
18	0,19	0,72	0,48	1,52	3,64	0,39	1,61
19	0,19	0,70	0,50	1,50	3,69	0,40	1,60
20	0,18	0,68	0,51	1,49	3,74	0,42	1,59

Variáveis de atributo

- **Gráfico de controle para dados de classificação(Carta P):**

Gráfico	P
Média	P
Limite Superior (LSC)	$P + 3 * \sqrt{\frac{P*(1-P)}{n}}$
Limite Inferior (LIC)	$P - 3 * \sqrt{\frac{P*(1-P)}{n}}$

- **Gráfico de controle para dados de contagem(Carta U):**

Gráfico	U
Média	U
Limite Superior (LSC)	$U + 3 * \sqrt{\frac{U}{n}}$
Limite Inferior (LIC)	$U - 3 * \sqrt{\frac{U}{n}}$

➤ **Gráfico P no Minitab - Variáveis de classificação**

Quando temos um indicador como uma variável de classificação, um dos gráficos mais adequados é o **gráfico P**.

Variáveis de classificação são geralmente originadas de uma **proporção(percentual)** ou de um evento do qual se conhece a probabilidade de ocorrência, devido a isso, o tipo de distribuição esperado para esse tipo de variável é uma **Binomial**.

Quando estamos classificando entre itens defeituosos, a média do gráfico de controle nos dá o **PPM!** (basta multiplicar a média por 1.000.000)

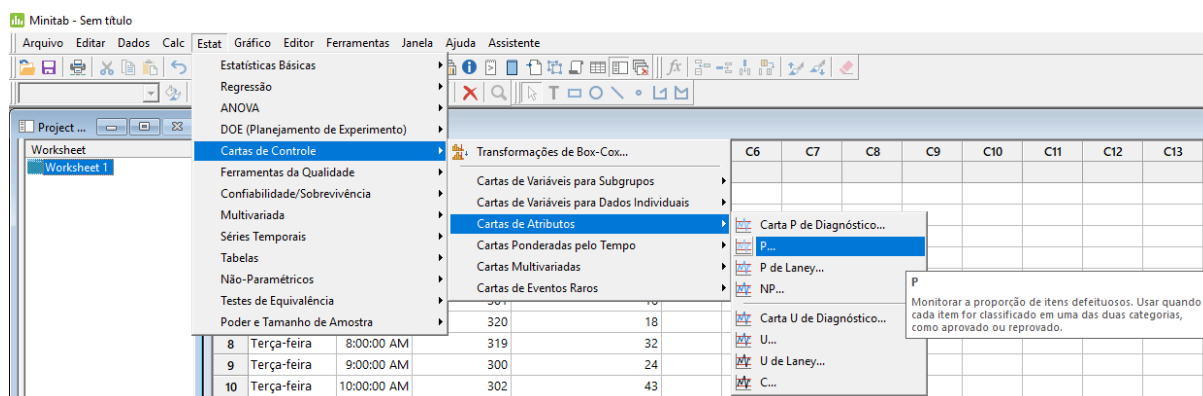
Uma boa prática quando vamos coletar os dados para uma proporção é criar uma coluna para a quantidade de eventos no qual ocorreram os eventos que estamos analisando (em geral, os defeituosos) e outra coluna com o total que analisamos.

No exemplo a seguir, temos uma produção de embalagens que varia em torno de 300 embalagens por hora e para cada embalagem analisada (100% da produção é analisada) a embalagem é classificada em "com defeito" e "sem defeito". Portanto, nossa variável de embalagens com defeito é uma **variável de atributo de classificação**.

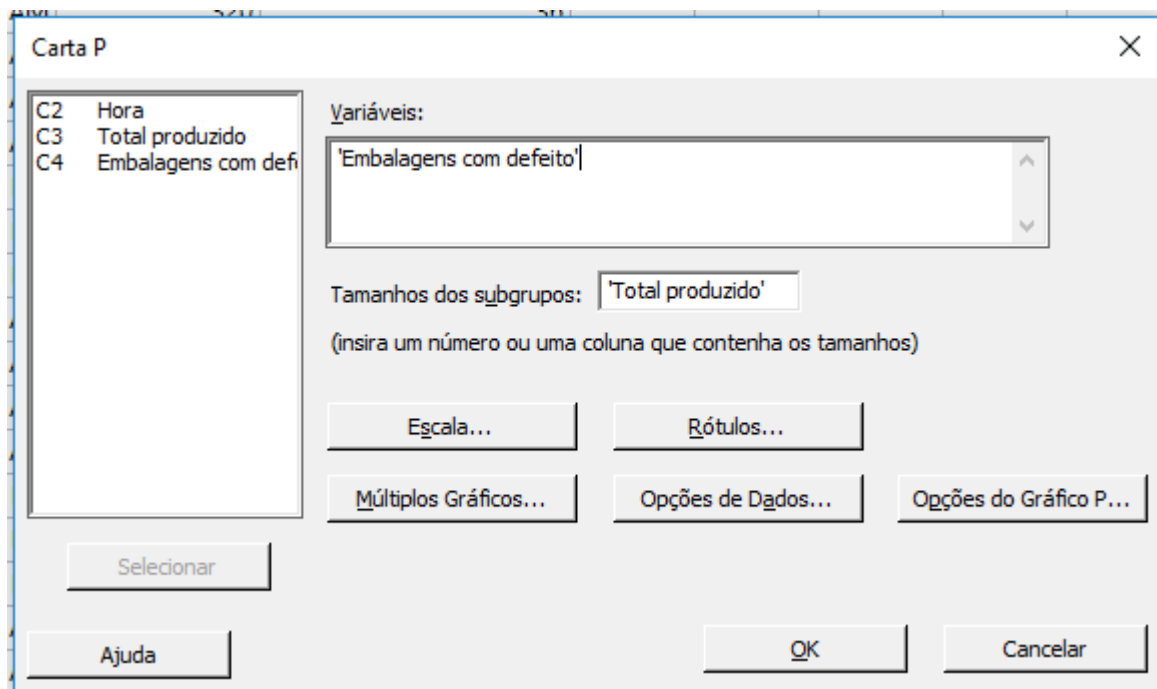
Os operadores que avaliam as peças possuem uma definição clara de quais características definem um defeito. Os dados coletados para 5 dias de produção foram coletados:

↓	C1-T	C2-D	C3	C4	C5
	Dia	Hora	Total produzido	Embalagens com defeito	
1	Segunda-feira	8:00:00 AM	320	36	
2	Segunda-feira	9:00:00 AM	299	14	
3	Segunda-feira	10:00:00 AM	292	16	
4	Segunda-feira	11:00:00 AM	319	17	
5	Segunda-feira	12:00:00 PM	313	43	
6	Segunda-feira	1:00:00 PM	301	16	
7	Segunda-feira	2:00:00 PM	320	18	
8	Terça-feira	8:00:00 AM	319	32	
9	Terça-feira	9:00:00 AM	300	24	
10	Terça-feira	10:00:00 AM	302	43	
11	Terça-feira	11:00:00 AM	288	26	
12	Terça-feira	12:00:00 PM	295	21	
13	Terça-feira	1:00:00 PM	291	14	
14	Terça-feira	2:00:00 PM	301	24	
15	Quarta-feira	8:00:00 AM	294	24	

Queremos analisar o percentual de embalagens produzidas com defeito ao longo do tempo. Para conseguir isso, vamos criar um **gráfico de controle P**. No Minitab vamos em **Estat > Cartas de Controle > Cartas de Atributo > P**:

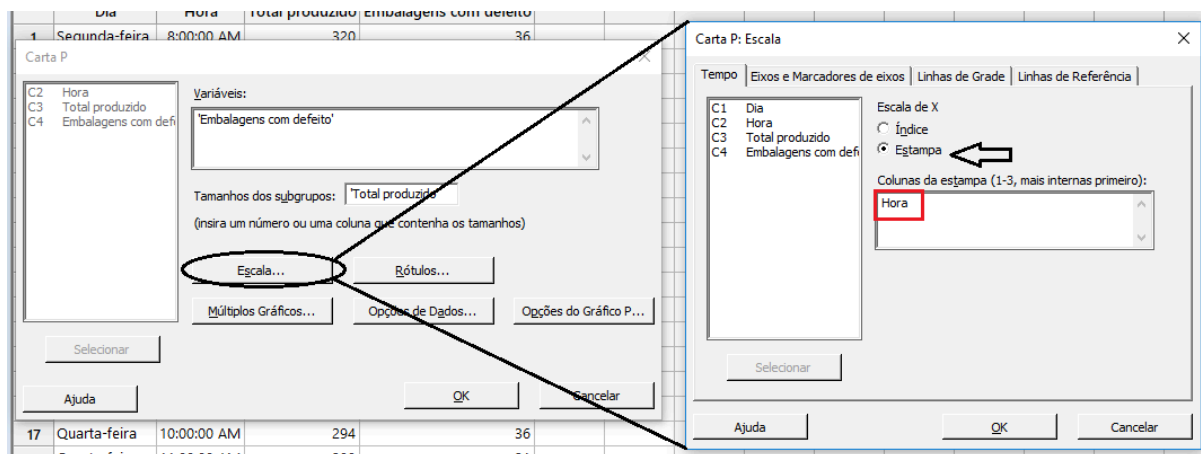


No menu de configuração, selecionamos nossa variável "Embalagens com defeito" e o tamanho do subgrupo deve ser o total de onde classificamos nossa variável "Total produzido":

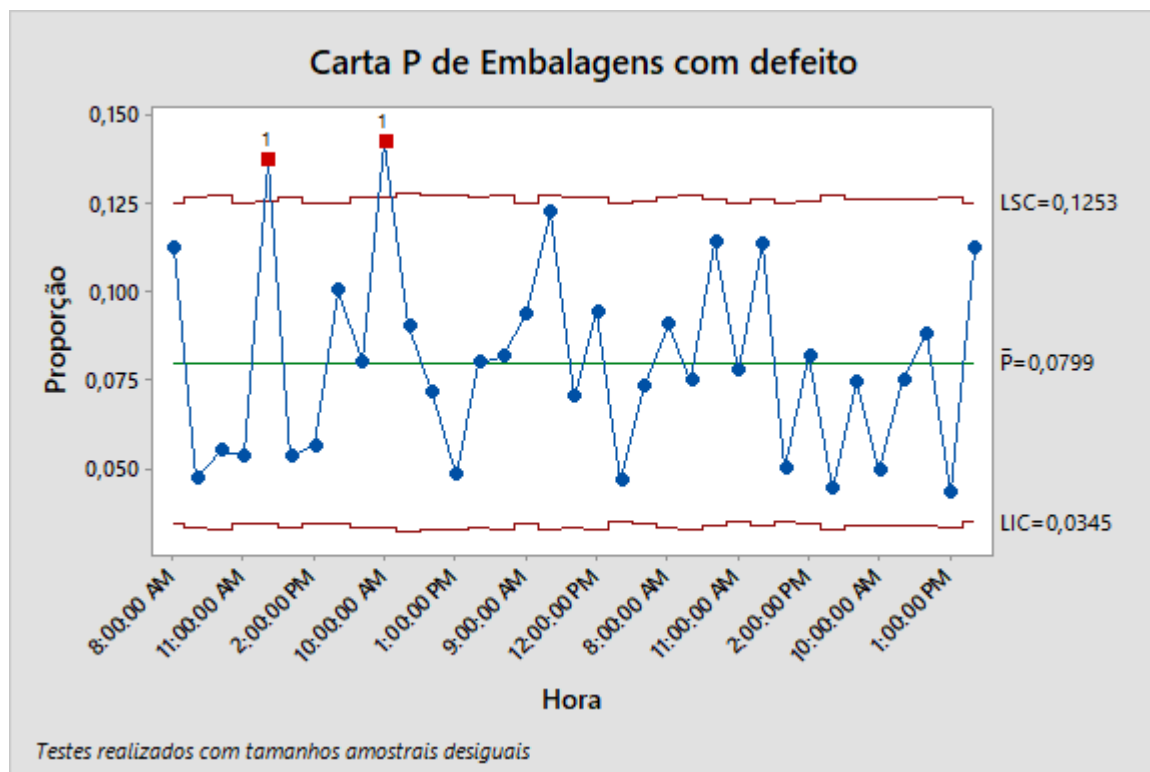


Obs: Caso seu subgrupo tenha sempre o mesmo tamanho, o Minitab também aceita que você coloque números no campo de *Tamanhos dos Subgrupos*

(Opcional) Para conseguirmos identificar melhor qual a hora que estamos analisando, vamos em *Escala* e colocar nossa coluna de "Hora" em nosso eixo X do gráfico:



Ao clicar em "OK" teremos nosso gráfico de controle:



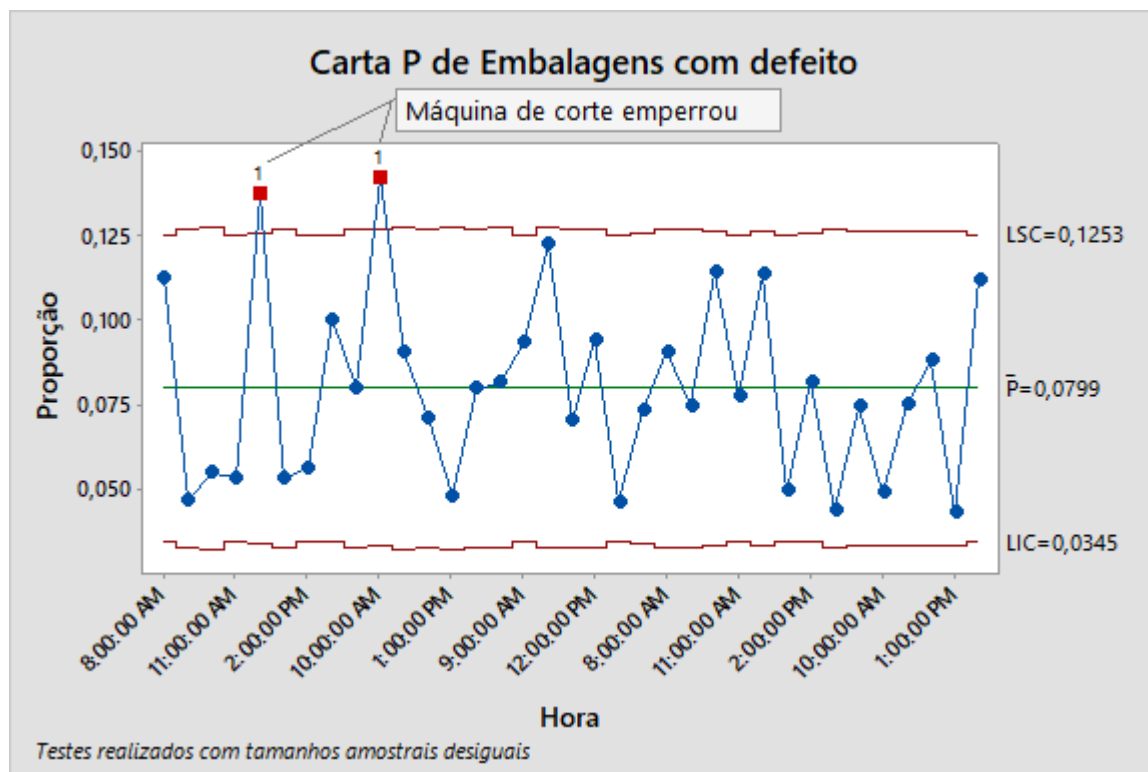
Analisando o gráfico de controle

O gráfico de controle nos mostra que nessa semana tivemos uma média de 7,99% de refugo, com variação esperada entre 3,45% (limite inferior de controle - LIC) e 12,53% (limite superior de controle - LSC).

Da média, tiramos que o PPM é igual a 79.900 ($0,0799 * 10^6$).

Temos pelo gráfico também que o processo é **instável**, pois apresenta causas especiais (uma às 12h na segunda-feira e outra às 10h na terça-feira), onde o percentual de embalagens com defeito foi acima do normal.

Ao investigar o que poderia justificar as causas especiais, os operadores identificaram que nessas horas uma das máquinas de corte do processo emperrou, fazendo com que mais embalagens apresentassem defeito:



Com essa informação, a equipe do setor de qualidade vai se reunir com os operadores na próxima semana para discutir possíveis causas para esse tipo de problema e encontrar possíveis soluções para que isso não ocorra mais no processo de produção.

➤ Gráfico U no Minitab - Variáveis de contagem

Quando temos uma variável de contagem, um dos gráficos mais adequados é o **gráfico U**.

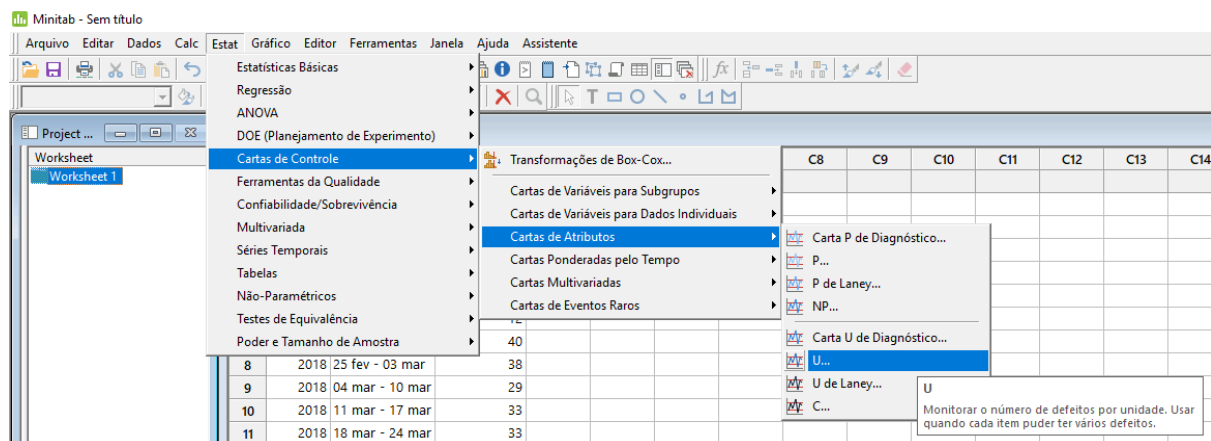
Variáveis de contagem são geralmente originadas de uma **taxa** ou de um evento do qual se conhece a média, devido a isso, o tipo de distribuição esperado para esse tipo de variável é uma **Poisson**. Portanto, quando vamos analisar uma variável de contagem precisamos ter sempre em mente qual é nossa taxa.

Quando estamos contando defeitos, a média do gráfico de controle nos dá o **DPU**!

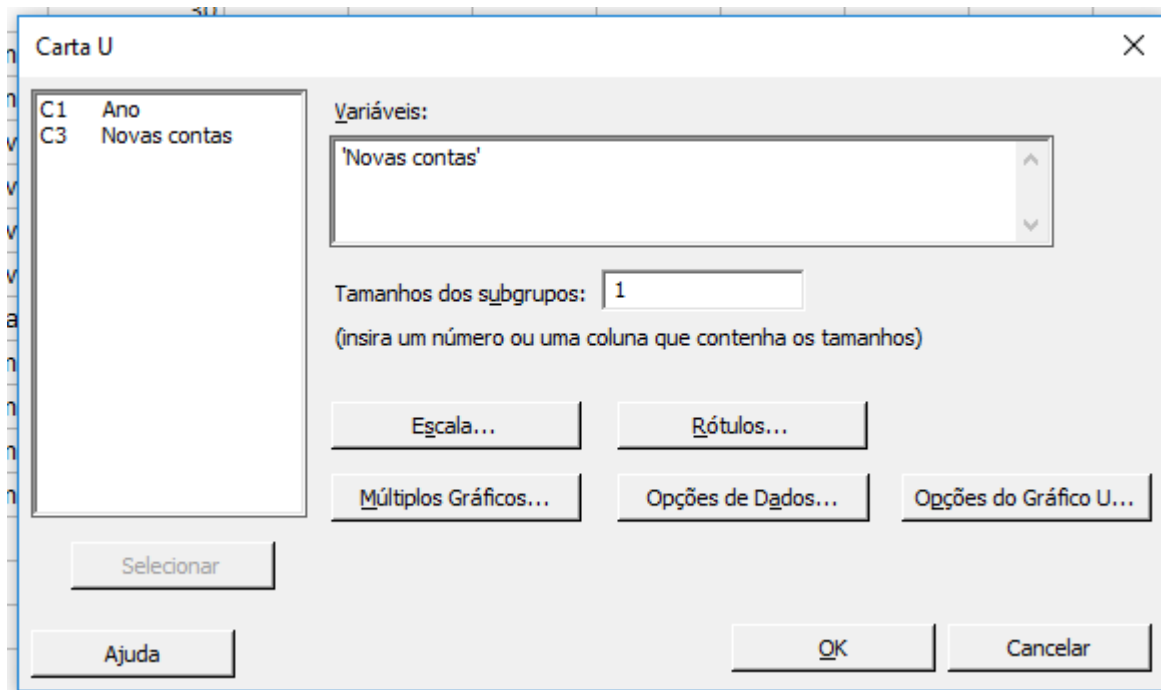
No exemplo a seguir, vamos analisar o processo de abertura de contas em uma agência de banco. O indicador analisado pelo analista do departamento é o número de novas contas abertas por semana (ou seja, nossa taxa aqui é "novas contas abertas/semana"). O indicador foi medido a partir de janeiro/2018 até março/2018:

↓	C1	C2-T	C3	C4
	Ano	Semana	Novas contas	
1	2018	7 jan - 13 jan	30	
2	2018	14 jan - 20 jan	30	
3	2018	21 jan - 27 jan	38	
4	2018	28 jan - 03 fev	38	
5	2018	04 fev - 10 fev	42	
6	2018	11 fev - 17 fev	12	
7	2018	18 fev - 24 fev	40	
8	2018	25 fev - 03 mar	38	
9	2018	04 mar - 10 mar	29	
10	2018	11 mar - 17 mar	33	
11	2018	18 mar - 24 mar	33	
12	2018	25 mar - 31 mar	40	
13				

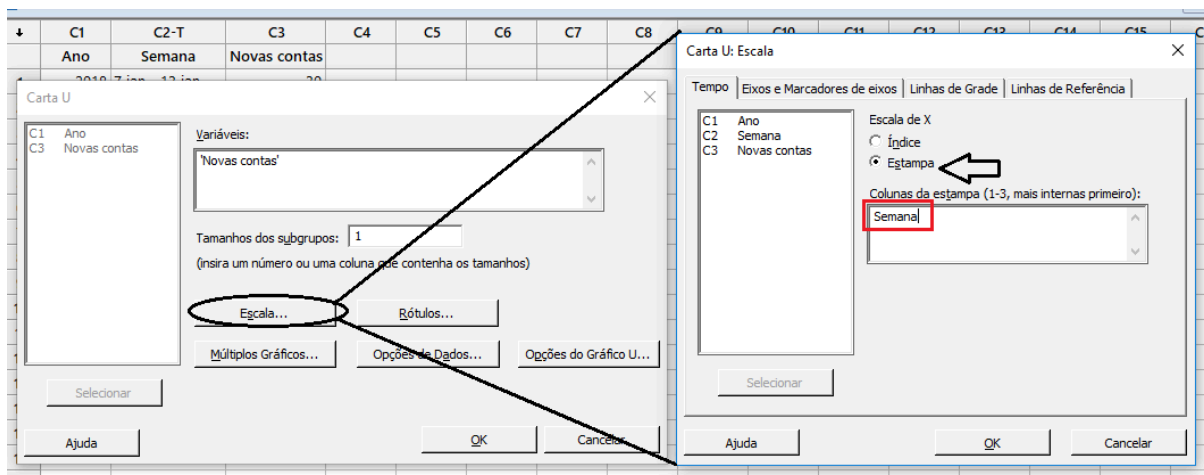
Vamos analisar o indicador das contas usando um **gráfico de controle U**. No Minitab, vamos em **Estat > Cartas de Controle > Cartas de atributo > U**:



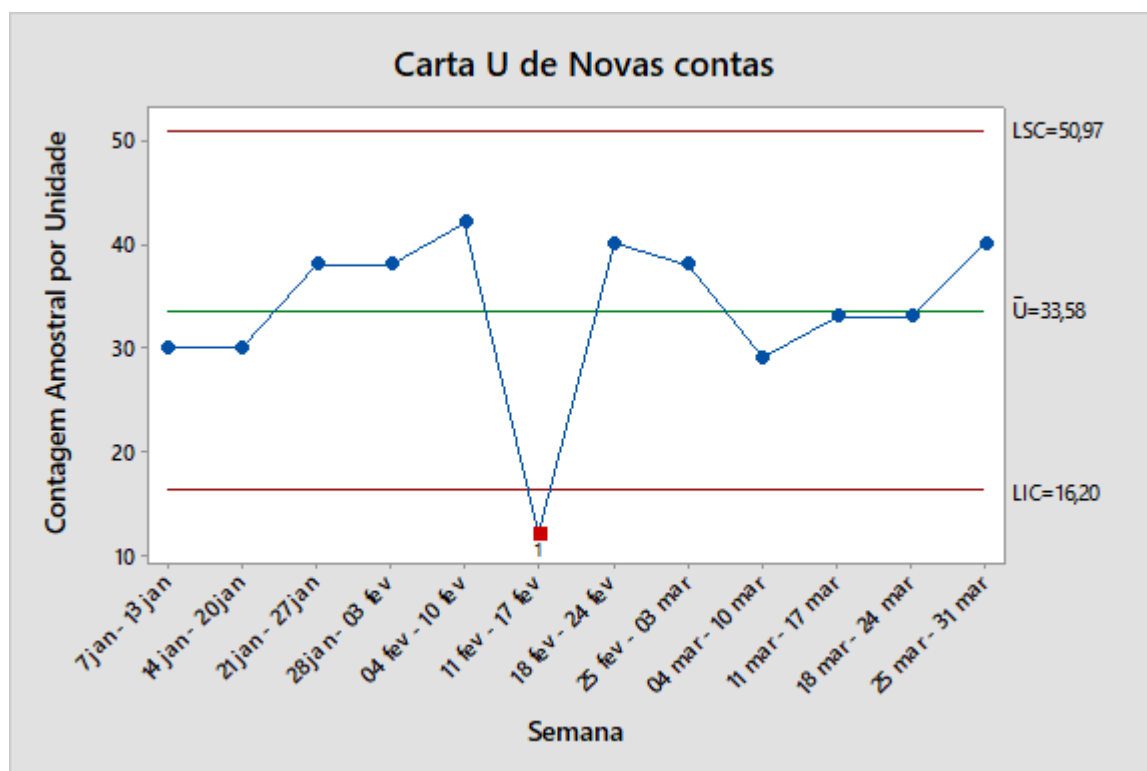
Nossa variável são as "Novas contas" e cada linha representa uma semana, logo o tamanho do subgrupo é 1 (e nossa taxa é Novas contas por semana):



(Opcional) Para conseguirmos identificar melhor qual semana que estamos analisando, vamos em Escala e colocar nossa coluna de "Semana" em nosso eixo X do gráfico:



Clicando em "OK" teremos nosso gráfico de controle:



Analizando o gráfico de controle

O gráfico de controle nos mostra que no período analisado tivemos uma média de 33,6 novas contas abertas por semana no período analisado, com variação esperada entre 16,20 (limite inferior de controle - LIC) e 50,97 (limite superior de controle - LSC).

Temos pelo gráfico também que o processo é **instável**, pois apresenta uma causa especial na semana de 11 a 17 de fevereiro, onde o número de contas abertas foi muito baixo.

Ao investigar o que poderia justificar essa causa especial, o analista concluiu que essa baixa foi devido a semana do carnaval no qual a agência funcionou apenas 3 dias na semana.

➤ Estratificando um gráfico de controle no Minitab

Estratificação é a ação de "separar" os dados dentro de categorias para conseguirmos extrair mais informações de nossos indicadores.

Geralmente utilizamos estratificação quando conseguimos identificar essas categorias, quando sabemos que ocorreu uma mudança em nosso processo ou até mesmo quando temos causas especiais em um gráfico de controle.

No exemplo apresentado, vamos continuar o caso demonstrado nesse artigo - [Gráfico U no Minitab - Variáveis de contagem](#)

Após a apresentação dos dados, a diretoria da agência resolveu lançar uma campanha de marketing lançando um novo tipo de conta, com taxas menores. Aplicando um projeto de melhoria, a diretoria respondeu às três questões do Modelo de Melhoria:

Q1 - O que queremos realizar? Aumentar o número de novas contas abertas

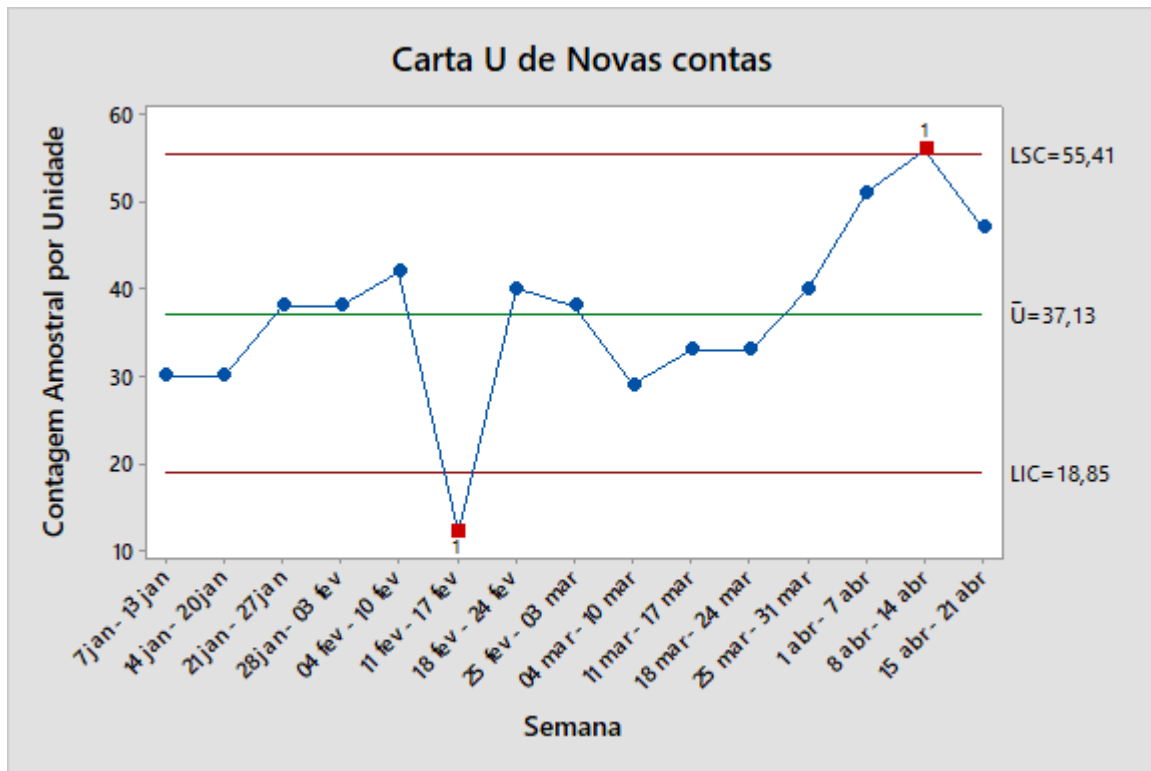
Q2 - Como saberemos que a mudança é uma melhoria? Quando o número de novas contas abertas por semana aumentar significativamente

Q3 - Quais mudanças podemos fazer que irão resultar em melhoria? Inicialmente, queremos testar a nova campanha de marketing

O analista responsável pela coleta e análise dos dados criou no banco de dados uma coluna identificando as fases "antes" e "depois" da campanha:

↓	C1	C2-T	C3	C4-T
	Ano	Semana	Novas contas	Fase
1	2018	7 jan - 13 jan	30	antes
2	2018	14 jan - 20 jan	30	antes
3	2018	21 jan - 27 jan	38	antes
4	2018	28 jan - 03 fev	38	antes
5	2018	04 fev - 10 fev	42	antes
6	2018	11 fev - 17 fev	12	antes
7	2018	18 fev - 24 fev	40	antes
8	2018	25 fev - 03 mar	38	antes
9	2018	04 mar - 10 mar	29	antes
10	2018	11 mar - 17 mar	33	antes
11	2018	18 mar - 24 mar	33	antes
12	2018	25 mar - 31 mar	40	antes
13	2018	1 abr - 7 abr	51	depois
14	2018	8 abr - 14 abr	56	depois
15	2018	15 abr - 21 abr	47	depois

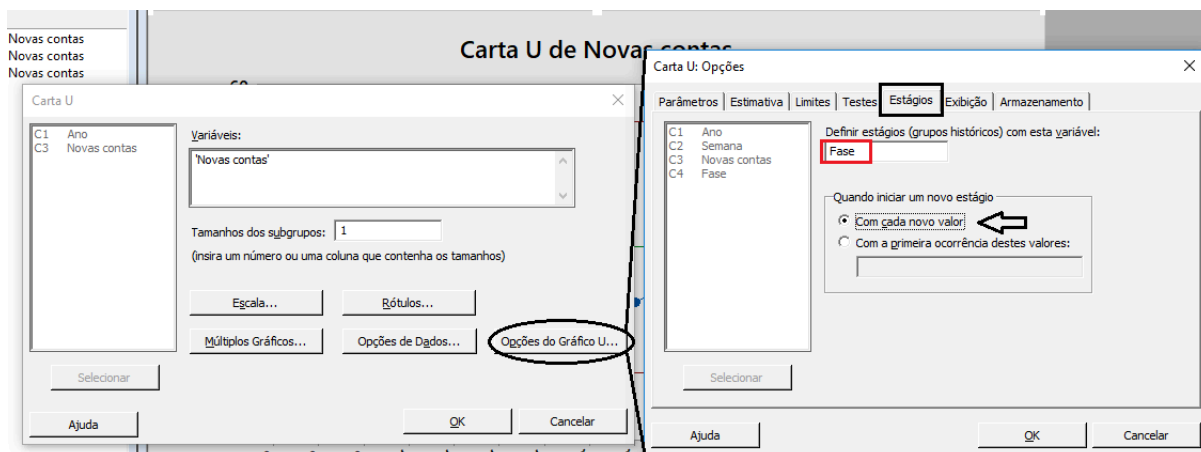
O analista em seguida fez o gráfico de controle com os dados das três semanas seguintes:



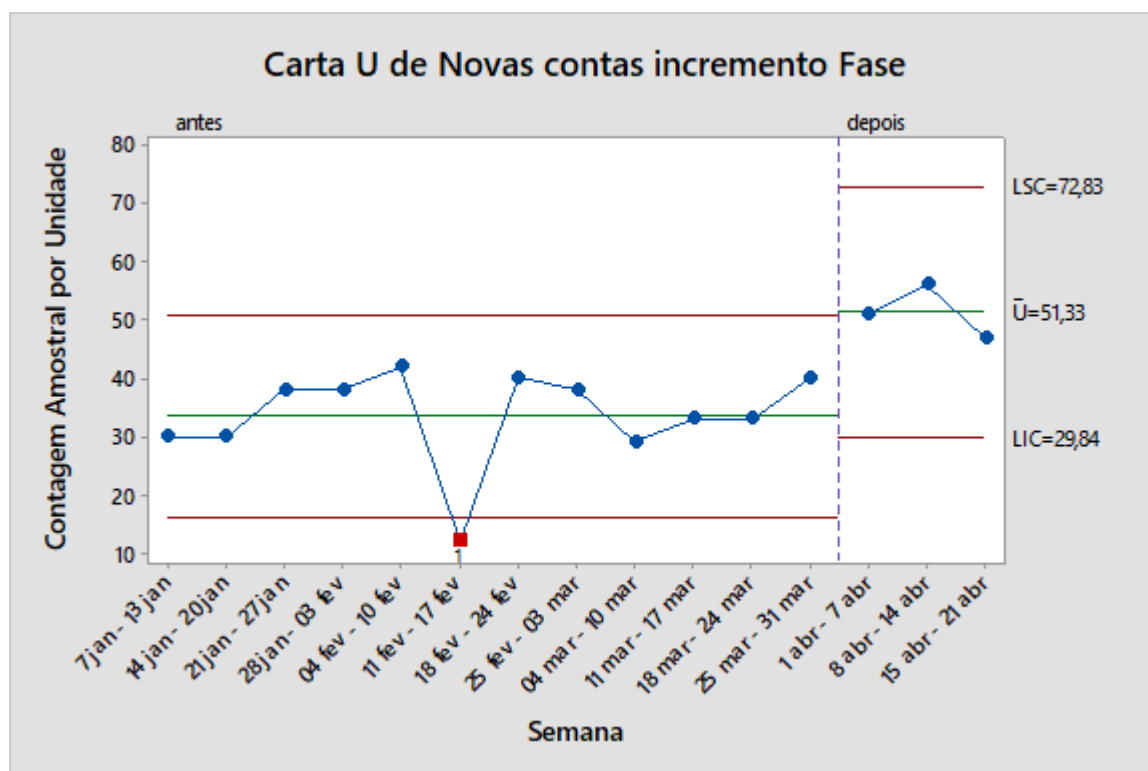
Os dados das três últimas semanas foram acima da média e inclusive houve uma causa especial na semana de 8 a 14 de abril, com número bastante alto de contas abertas nesta semana. O analista decidiu então estratificar os dados a partir da semana que foi feita a campanha.

Para estratificar gráficos de controle no Minitab, vamos em "Opções do Gráfico ..." e em seguida vamos na aba "Estágios". No campo "Definir estágios (grupos históricos) com esta variável:" coloque a coluna que identifica a estratificação que deseja fazer no gráfico.

No exemplo, vamos dividir o gráfico nas fases descritas:



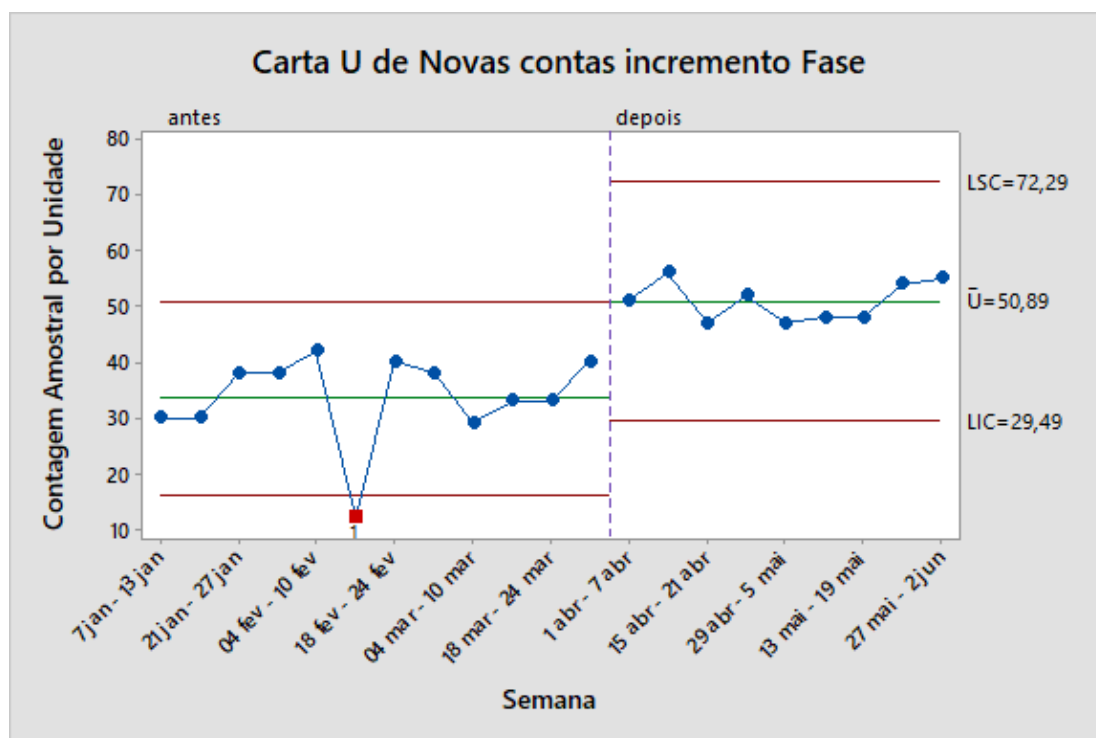
Clicando em "OK", temos nosso gráfico estratificado:



Continuação - Analisando os gráficos

As três semanas após a campanha apresentaram um aumento que foi de média 33,6 para 51,3, indicando que a mudança pode ter gerado um aumento de cerca de 52% no número de novas contas abertas por semana.

O novo tipo de conta foi mantido após a campanha de marketing e após 10 semanas o gráfico mostrou o seguinte resultado:



Pré-inscrição e Certificações

Cursos EAD, assinaturas e presenciais

➤ Há diferenças entre os cursos presenciais e EAD?

Não. É o mesmo conteúdo, mesmas avaliações e mesmo certificado (sem especificação da modalidade).

Como decidir fazer EAD ou presencial?

Ao optar por realizar um dos cursos oferecidos pela Escola EDTI o aluno pode escolher entre aulas realizadas presencialmente ou através do EAD (ensino a distância), onde todas as apostilas são disponibilizadas virtualmente para o aluno.

Na opção do EAD, o aluno tem um período de 90 dias para realizar o curso e desta forma pode organizar sua rotina e conciliá-lo ao curso. O curso EAD é indicado para alunos com menos

disponibilidade de locais e horários, que gostem de aprender por meio de vídeo-aulas. Além disso, o projeto será realizado individualmente com o auxílio do suporte de dúvidas.

No curso presencial o aluno tem aulas expositivas e práticas, sendo o projeto desenvolvido em grupo dentro da sala de aula.

Certificado:

Em relação ao certificado, ele será emitido diretamente pela escola, já considerando o tempo do projeto. A carga horária que constará no certificado será a mesma para todas as opções (presencial, transmitido ou EAD).

➤ A EDTI possui Certificação Master Black Belt?

Sim, a certificação de Master Black Belt é o nível mais completo da metodologia, não é apenas um curso realizado ou um certificado, é o reconhecimento de todo o conhecimento, experiência e prática que a pessoa tem sobre a metodologia.

Para adquirir a nossa certificação é necessário comprovar alguns requisitos:

- Experiência comprovada, mínimo de 1 ano, em projetos de melhoria
- Experiência comprovada, mínimo de 1 ano, em coordenação, gestão ou liderança

Após as comprovações, passamos para a etapa dos cursos:

- Aprovação nos seguintes cursos da EDTI:
 - Lean Six Sigma Black Belt;
 - Especialista Lean Manufacturing;
 - Treinamento de Master Black Belt;
 - Gestão de mudanças organizacionais;
 - Roteiros de melhoria;
 - Toyota Kata;
 - Design organizacional;
 - Planejamento estratégico e de negócios;
 - Implementação do Lean Six Sigma.

A última etapa são as entregas requeridas:

- Projeto real aplicado às empresas seguindo os padrões da EDTI - Instruções descritas no módulo "Projeto Prático".
- Preparação e apresentação de um seminário de 1 hora - Instruções descritas no módulo "Seminário".

➤ [Assinatura - EDTI GO Black](#)

O plano [EDTI GO Black](#) é um plano de assinatura mensal, onde você tem acesso a todos os cursos da Escola EDTI de forma EAD. É a melhor escolha pensando em investimento e custo. Se você fosse comprar cada curso desse pacote, separadamente, iria gastar mais de R\$10.000,00 🤯

Invista no seu futuro, aprendendo detalhes da metodologia lean e melhorias contínuas e claro, com essa grande vantagem de custo benefício. Além de nossos cursos, a vantagem do plano de assinatura EDTI GO Black é ter auxílio de nossos professores semanalmente, através do nosso plantão de dúvidas.

Aproveite essa oportunidade de aprimorar seus conhecimentos, a assinatura **EDTI GO Black** é mensal, a cobrança ocorre 1 vez por mês, no mesmo dia da contratação. Não tem fidelidade e nem prazo mínimo de permanência. Para realizar o cancelamento, visite o artigo [Cancelamento](#)

➤ [Assinatura - EDTI GO](#)

O [EDTI GO](#) é a opção perfeita para você que está em constante procura por desenvolvimento e busca sempre pela melhor opção disponível no mercado e com melhor relação custo x benefício.

O plano conta com uma série de conteúdos exclusivos e acesso a todos os cursos da Escola EDTI (exceto Green Belt, Black Belt e Especialista Lean). Não são pequenos posts ou materiais, mas sim cursos e materiais completos.

Ser assinante na Escola EDTI conta com uma série de benefícios e suporte dos professores em 3 canais: Plantão de dúvidas AO VIVO, chat e e-mail. Além de contar com este acervo chamado EDTI Sensei, onde temos diversos artigos para auxiliar as principais dúvidas dos alunos.

A assinatura **EDTI GO** é mensal, não tem fidelidade e nem prazo mínimo de permanência, podendo ser cancelada a qualquer momento, na própria plataforma. Para realizar o cancelamento, visite o artigo - [Cancelamento](#)

➤ **Assinatura - Extensão de prazo**

A assinatura de extensão de prazo é para quem adquiriu um de nossos cursos avulsos, e por algum motivo, não conseguiu concluir até a data de acesso.

Tenha a vantagem de concluir o seu curso de onde parou, por um valor mensal, podendo cancelar quando quiser, sem carência ou qualquer tipo de fidelização.

A **Extensão de prazo** é mensal, não possui fidelidade e nem prazo mínimo de permanência. O cancelamento é realizado via telefone, em nossa central de cancelamentos, você pode verificar mais informações no item: [Cancelamento](#)

Cancelamento de assinaturas

➤ **Cancelamento das assinaturas e Extensão de prazo**

O cancelamento da sua assinatura pode ser solicitado via WhatsApp pelo número **(19) 98235-9583** ou pelo link: <https://wa.link/btf4re>.

Horário de atendimento:

Segunda a sexta das 9h às 12h e das 14h às 17h.

A solicitação de cancelamento somente será efetivada após a validação dos dados e confirmação por um consultor.

O prazo para processamento do cancelamento é de até 72 horas. Por isso, é fundamental que a solicitação seja feita com antecedência em relação à data de renovação do plano, considerando esse período de processamento.

Lembrando que a emissão do certificado faz parte dos produtos da assinatura, obtenha os certificados antes do cancelamento.

O cancelamento da assinatura impede novas cobranças. Não sendo possível a realização de estorno total ou parcial dos valores já pagos. Após a cobrança, mesmo que seja feito o cancelamento, seu acesso permanecerá ativo até o fim do período pago.

Cursos - Dúvidas gerais

➤ **Posso pular o curso de Green Belt e realizar o curso de Black Belt direto?**

Sim, porém, para fazer o Black Belt presencial você precisará fazer um nivelamento na plataforma EAD.

Entenda melhor como funciona:

Na escola EDTI buscamos oferecer nossos cursos para atender as necessidades individuais de cada aluno, por isso existe a possibilidade de realizar nossos cursos sem ter realizado todos os anteriores.

A primeira certificação é a White Belt, seguida da Yellow, Green e Black Belt. A cor das faixas indica o nível de conhecimento na metodologia Six Sigma.

Na modalidade EAD, se você adquirir um curso Black Belt ele contemplará dentro dele todas as modalidades anteriores.

Na modalidade presencial, muitos alunos iniciam o Black Belt já tendo obtido as certificações anteriores. Devido a isso, não é revisitado todo o conteúdo das certificações anteriores durante as aulas presenciais.

Para que haja um nivelamento do curso presencial, aqueles que não realizaram as certificações anteriores junto à EDTI, podem ir direto para a certificação Black Belt, porém é necessário um estudo prévio indicado neste artigo - [Prepare-se para o Black Belt Presencial](#)

Essa preparação é necessária para que o curso consiga acontecer de forma padronizada e para que todos consigam absorver todo o conteúdo ensinado, tendo a melhor experiência e aprendizado.

➤ Qual o curso mais indicado para mim?

Na escola EDTI buscamos oferecer nossos cursos para atender as necessidades individuais de cada aluno, portanto existe a possibilidade de realizar nossos cursos sem ter realizado todos os anteriores.

Sugerimos que o aluno entre em contato com nosso atendimento através dos telefones (19) 3957-9091 | (11) 4210-1880 | (21) 4042-0511 ou **realize nosso [quiz](#)**, desta forma a escolha por um dos cursos se torna mais fácil e [adequada ao aluno](#).

Conheça melhor nossos cursos Lean Six Sigma:

Nossos cursos utilizam a metodologia [Six Sigma](#), ensinando ferramentas para eliminar desperdícios, através de melhorias de processos. Nossos cursos estão categorizados em

diferentes níveis de aprofundamento, desde o White Belt, que é uma instrução as ferramentas de melhoria, e que você pode realizar gratuitamente em nosso [site](#), até o nível mais elevado de Master Black Belt.

Yellow Belt:

Adequado para profissionais que buscam dominar o conhecimento sobre projetos com baixa complexidade, cujo número de interações não é tão alto e com rápida implementação.

Green Belt:

O curso [Green Belt](#) capacita o profissional a realizar projetos de melhoria com um nível médio de complexidade, é necessário um conhecimento completo a respeito dos principais conceitos de Six Sigma.

Black Belt:

Os [Black Belts](#) dominam os conhecimentos do [Green Belt](#), são capacitados para orientar projetos de melhoria e conduzir equipes, como um coach.

➤ Qual a diferença entre os cursos Green Belt e Black Belt?

O Green Belt é um curso aplicado para você aprender a liderar projetos de melhoria. Já o Black Belt tem uma maior base teórica para você orientar equipes de melhoria.

Em que aspecto as abordagens dos cursos se diferenciam?

No curso [Green Belt](#) o foco é transformar o aluno em um profissional capacitado a liderar projetos de melhoria utilizando o [método Seis Sigma](#). Nesse contexto o líder é a pessoa responsável pelo projeto, administrando o cronograma, as principais atividades e tendo uma participação ativa no dia-a-dia dos trabalhos da equipe.

Além disso, o curso de Green Belt desenvolve no profissional a habilidade de encontrar oportunidades de melhoria e implementá-las com sucesso.

Veja aqui nossa [PROPOSTA DO CURSO DE GREEN BELT!](#)

Já no [Black Belt](#) a capacitação é mais aprofundada em relação ao conteúdo estatístico e de liderança pessoal, pois além de ser um profissional capacitado para executar melhorias, o Black Belt também deve ser capaz de orientar equipes de Green Belt, atuando como um coach ou instrutor Seis Sigma.

Veja aqui nossa [PROPOSTA DE CURSO DE BLACK BELT!](#)

➤ **Consigo colocar minha certificação como PDU no PMI?**

Sim! A Escola EDTI não é uma R.E.P. registrada no PMI, portanto não conseguimos nós mesmos cadastrar seus PDUs. **Mas você pode sim usar nossos cursos para adicionar PDUs em sua conta!**

Cada certificação tem uma carga horária que representa uma certa quantidade de PDUs.

Segue a relação de PDUs para nossos cursos:

- **Green Belt:** 40 PDUs
- **Black Belt:** 60 PDUs
- **Lean Manufacturing:** 8 PDUs

Quando for realizar o cadastro, considere como data de início a data da primeira aula do seu curso presencial ou a data da matrícula do seu curso EAD.

Como data de finalização, considere a data de quando recebeu sua certificação.

➤ **O certificado emitido pela Escola EDTI tem validade internacional?**

Sim!!

A certificação de um profissional está baseada na Escola onde ele fez o curso. A Escola EDTI, sendo pioneira, é reconhecida tanto nacional quanto internacionalmente. Possuímos a acreditação da The Council for Six Sigma Certification para os cursos Green Belt, Black Belt e Master Black Belt.

Você pode conferir a página de cada acreditação:

- [Green Belt](#)
- [Black Belt](#)
- [Master Black Belt](#)

Para entender melhor a importância da acreditação, é preciso conhecer que o Seis Sigma foi desenvolvido na Motorola e outras empresas resolveram implantar esse programa visando o sucesso de resultados que a Motorola estava obtendo com ele.

Com isso o Seis Sigma se desenvolveu sem ser “dominado” por uma única instituição, diferentemente do que acontece para gestão de projetos e o PMI (Project Management Institute).

No Seis Sigma cada instituição fornece o seu certificado e é o renome dele que dará a validade que ele terá no Brasil e fora do Brasil.

Como a Escola EDTI é uma das pioneiras e forma mais de 3.000 Green e Black Belts todos os anos há mais de uma década, nós somos uma das grandes referências no Brasil e é por isso que nossa certificação tem validade nacional e internacionalmente!