

grupovoitto

Green Belt em Lean Seis Sigma



Módulo 1

Princípios do Lean Seis Sigma

- Lição 1: O que é o Seis Sigma;***
- Lição 2: Visão Geral do Lean Manufacturing;***
- Lição 3: Integração Lean Seis Sigma;***
- Lição 4: Os níveis de certificação dos Belts;***
- Lição 5: Lean Seis Sigma e os Sistemas de Gestão;***



Módulo 1

Princípios do Lean Seis Sigma

- Lição 6: Visão Histórica da Melhoria Contínua;*
- Lição 7: Decifrando o DMAIC;*
- Lição 8: Consolidando o Conhecimento – Exercícios de Fixação.*

❖ *O que é Seis Sigma?*

A **metodologia Seis Sigma** é quantitativa, estruturada, disciplinada e focada na melhoria de processos já existentes com pouco ou nenhum investimento.

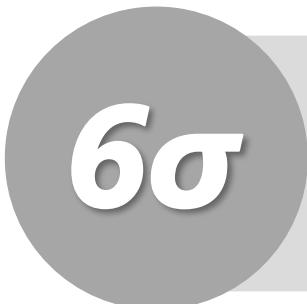
Pode ser utilizada como estratégia de negócio para criar uma cultura de Melhoria Contínua, buscar aumentar a qualidade dos processos e melhorar os resultados do negócio.

Utiliza-se de um método estruturado (método DMAIC) e ferramentas estatísticas para atacar diversas oportunidades nas empresas.

❖ *O que é Seis Sigma?*

O Seis Sigma nasceu nos Estados Unidos, na Motorola, na década de 80. Ganhou espaço ao ser difundido pela GE, na figura do então CEO Jack Welch.

Os principais objetivos do Seis Sigma estão ligados à gestão do negócio, ou seja, custos, processos e produtos e incremento da satisfação dos clientes.



Redução de custos
Otimização de produtos e processos
Incremento da satisfação do cliente

Lucratividade

❖ ***Seis Sigma em Termos Estatísticos***

O **Seis Sigma** é uma metodologia que depende de métricas (indicadores) e dados confiáveis. Para verificar a qualidade de um processo em termos estatísticos, a metodologia Seis Sigma avalia se os itens produzidos estão dentro da especificação do cliente.

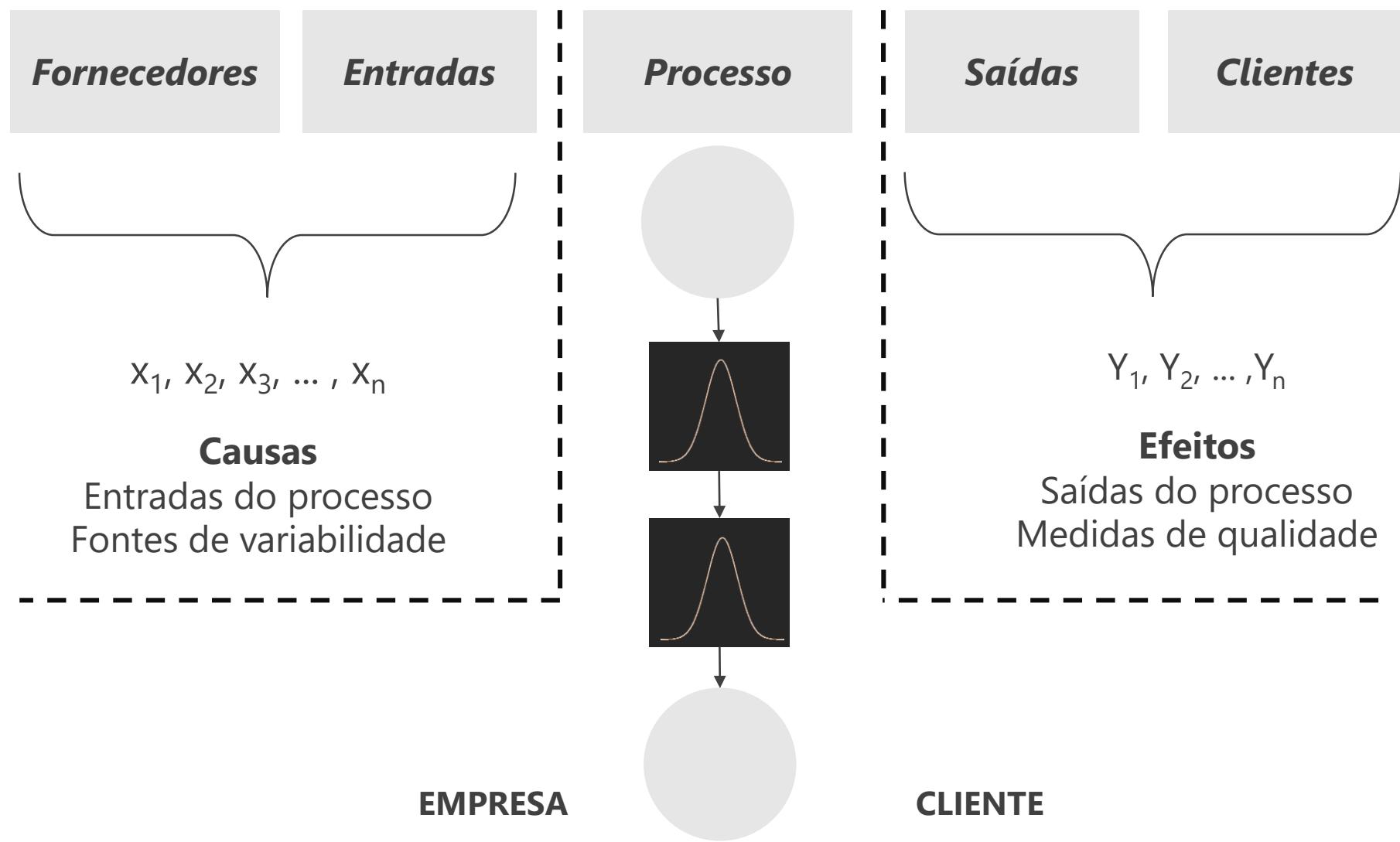
Fora da meta e com grande dispersão



Processo centrado e com pouca variabilidade



❖ Como o Seis Sigma enxerga os processos



❖ *Tarefa Prática – Projetos 6σ*



Projetos de melhoria em processos já existentes nas diversas áreas da empresa são ideais para a metodologia Lean Seis Sigma.

Faça a correlação entre as empresas e potenciais projetos:

- | | |
|--------------------------|--|
| a) Indústria Metalúrgica | (c) Redução no tempo de aprovação de uma licitação |
| b) Indústria Química | (a) Redução do % de sucata na produção do aço |
| c) Setor Público | (b) Aumento no % da eficiência do biorreator |
| d) Empresa de Varejo | (e) Redução do tempo da fila de triagem de pacientes |
| e) Hospital | (d) Redução na quantidade de Notas Fiscais emitidas com erro |

❖ *Nível de Qualidade Sigma*

Nível da qualidade	Defeitos por milhão	Percentual de conformidade
1 Sigma	691.463	30,85%
1,5 Sigma	500.000	50%
2 Sigma	308.537	69,15%
3 Sigma	66.807	93,32%
4 Sigma	6.210	99,38%
5 Sigma	233	99,97%
6 Sigma	3,4	99,9966%

❖ **Tarefa Prática – Avaliando o Processo**

Um processo que tenha 99% de rendimento é bom o suficiente?

O Hospital Albert Einstein realiza cerca de 280 partos normais por mês. Quantos partos apresentariam falhas médicas? (Fonte: www.eisntein.br – 2014)

3 Falhas

O Aeroporto Internacional de Viracopos realiza cerca de 11.000 poucos e decolagens por mês. Qual seria o número de acidentes aéreos? (Fonte: *Aeroportos Brasil Viracopos* – 2014)

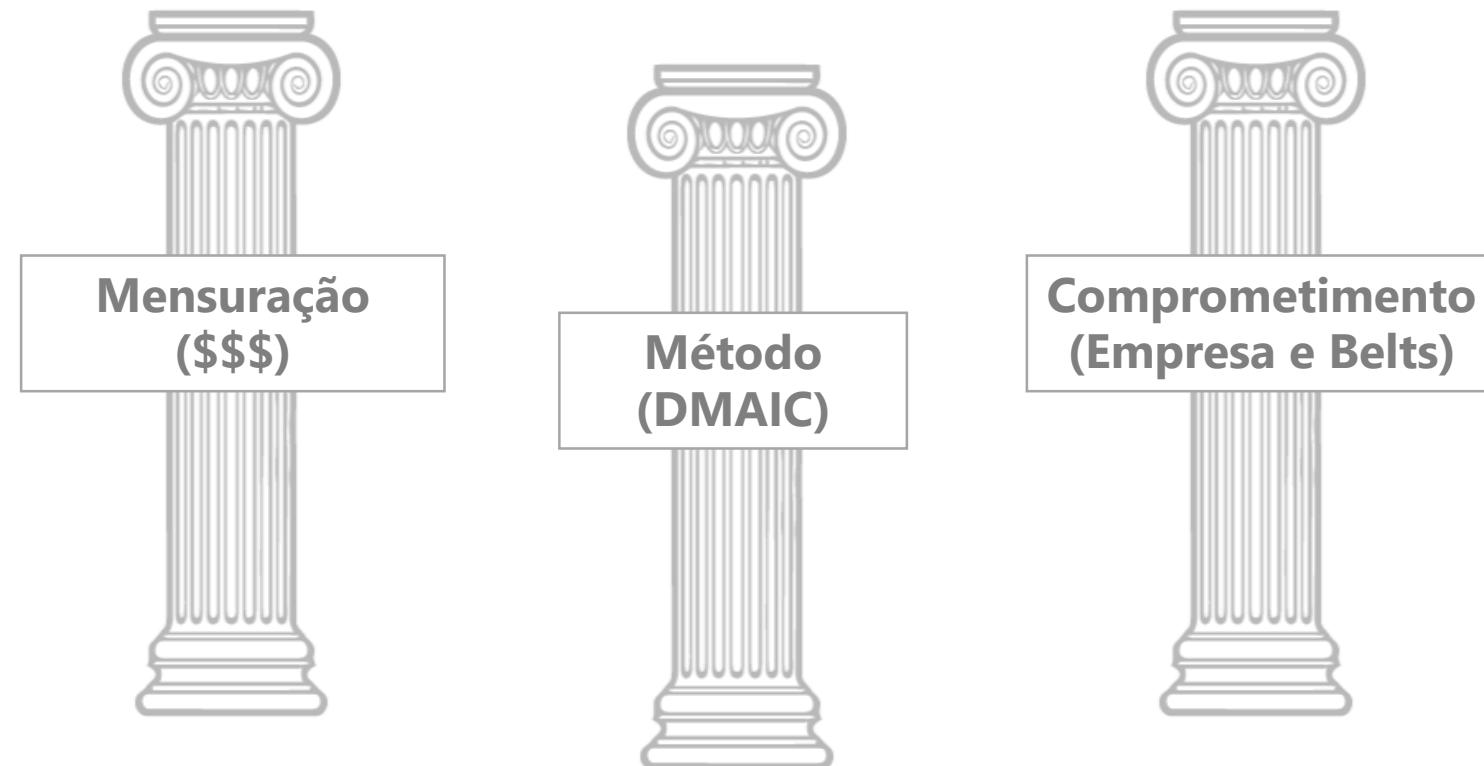
110
Acidentes

A fábrica da Ambev em Uberlândia possui capacidade de produzir 65 milhões de litros de cerveja por mês. Qual a quantidade de produto perdido? (Fonte: www.valor.com.br - 2014)

650.000
Litros

❖ *Fatores Críticos*

Ao implementar o Programa Seis Sigma em uma empresa, é necessário ficar atento aos fatores que são críticos para o sucesso da metodologia:





Módulo 1

Princípios do Lean Seis Sigma

- Lição 1: O que é o Seis Sigma;*
- Lição 2: Visão Geral do Lean Manufacturing;***
- Lição 3: Integração Lean Seis Sigma;*
- Lição 4: Os níveis de certificação dos Belts;*
- Lição 5: Lean Seis Sigma e os Sistemas de Gestão;*



Módulo 1

Princípios do Lean Seis Sigma

- Lição 6: Visão Histórica da Melhoria Contínua;*
- Lição 7: Decifrando o DMAIC;*
- Lição 8: Consolidando o Conhecimento – Exercícios de Fixação.*

❖ ***Lean Manufacturing (Manufatura Enxuta)***

- ❑ As origens do Lean Manufacturing remetem ao Sistema Toyota de Produção, na década 50, com foco na identificação e posterior eliminação de desperdícios, com o objetivo de reduzir custos, aumentar a qualidade e a velocidade de entrega de produtos aos clientes;
- ❑ O Lean nasceu no Japão pós Segunda Guerra Mundial. **Deming** foi ao Japão para **ensinar os métodos de qualidade** da época, promovendo o **uso do ciclo PDCA** (planejar-fazer-checar-agir) e o conceito da **melhoria contínua**.



❖ O que é o Lean?

O termo Lean Manufacturing foi pela primeira vez descrito em 1990, quando James Womack e Daniel Jones publicaram o livro “The Machine That Changed The World”, descrevendo os conceitos e métodos de trabalho aplicados pelo Sistema Toyota de Produção.

Este livro conta a história da evolução da indústria automobilística, comparando o mercado Japonês, Europeu e Americano na década de 80.



❖ O que é o Lean?



	Artesanal	Produção "em massa"	<i>Lean Manufacturing</i>
Produção	Uma peça por vez	"Em massa" e padronizada	O cliente solicita
Volume de Produção	Baixo volume	Foco no volume de produção	Possibilita alta produção sob demanda
Ferramentas	Simples e flexíveis	Máquinas caras e pouco flexíveis	Máquinas flexíveis
Qualidade	O que puder ser feito	Bom o suficiente	Melhoria contínua
Cliente/Mercado	Produto definido pelo cliente	Produto padrão para o mercado	Alta variedade de produtos
Mão-de-obra	Altamente especializada	Pouco qualificados	Qualificado e multifuncional
Custo	Alto	Baixo	Baixo

❖ ***Lean Manufacturing (Manufatura Enxuta)***

O Lean acredita que:

- a) A maioria dos problemas exigem somente habilidades analíticas básicas.
- b) Se os problemas são vistos como fracassos, serão ocultados e não serão abordados. O inverso de um problema é uma oportunidade, então todo problema é uma oportunidade de melhoria.
- c) A melhoria é um processo cíclico de conquista de estabilidade, padronização de práticas e contínua pressão sobre o processo afim de expor os obstáculos (pontos fracos).

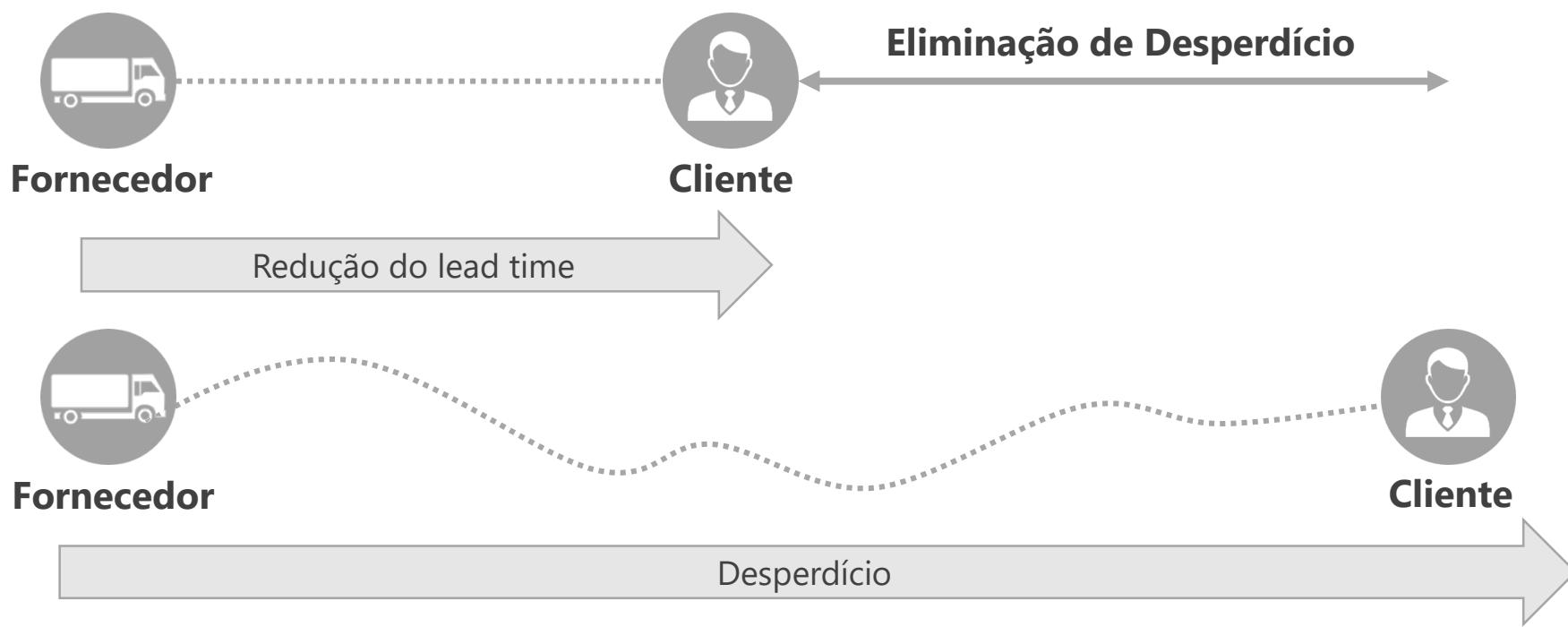
❖ ***Lean Manufacturing (Manufatura Enxuta)***

O Lean possui os seguintes princípios:

1. Especificar **valor** sob a ótica do cliente.
2. Criar um **fluxo de processo contínuo** para trazer os problemas à tona.
3. Usar **sistemas puxados** para evitar superprodução.
4. **Nivelar a carga** de trabalho para ter um fluxo contínuo.
5. Construir uma **cultura de solução do problema** para obter a qualidade desejada logo na primeira tentativa.
6. **Tarefas padronizadas** são a base da melhoria contínua.
7. **Desenvolver pessoas** é essencial.

❖ Exemplo de atuação do Lean

Busca por **lead time** menores para entregar produtos e serviços com elevada qualidade e baixo custo, via **eliminação dos desperdícios** ao longo do fluxo de valor.



❖ Os 8 Desperdícios

Para obter as vantagens do Lean Manufacturing é necessário atuar em atividades que não agregam valor, ou seja, eliminar desperdícios.



Defeitos e
Retrabalho



Excesso de
Produção



Processamento
Impróprio



Movimentos
desnecessários



Transportes
desnecessários



Estoque



Intelectual
(Pessoas)



Espera

❖ *Defeitos e Retrabalho*

- ❑ Produto fora do especificado, não conformidade, toda correção adicional devido a um resultado não esperado.
- ❑ É fácil relacionar esse desperdício ao aumento do custo, horas extras e gasto adicional de material.
- ❑ Podemos relacionar defeitos e retrabalho com:
 - ❑ Não buscar a qualidade na origem;
 - ❑ Falta de padronização bem treinada e entendida por todos;
 - ❑ Falta de mecanismos preventivos contra falhas.

❖ ***Excesso de Produção***

- ❑ Produzir sem ter demanda dos clientes, excesso de produtos no processo e produção por antecipação. Risco de gerar altos estoques de produto acabado.
- ❑ Podemos relacionar excesso de produção com:
 - ❑ Pensamento equivocado que produzir muito é sinal de eficiência.
 - ❑ Não conhecer real demanda do cliente.
 - ❑ Não alinhar planejamento da produção com demanda do cliente.
 - ❑ Falta de demarcações e limites visuais para sinalizar estoques e produção.

❖ *Processamento impróprio*

- ❑ Uso excessivo de recursos e pessoas, gerando atividades no processo além do necessário.
- ❑ Podemos associar processamento impróprio com:
 - ❑ Não compreender o que o cliente realmente necessita.
 - ❑ Não se preocupar com atividades desnecessárias e retrabalhos.
 - ❑ Não trabalhar com processos padronizados.

❖ *Transportes desnecessários*

- ❑ O transporte é visto como um desperdício pois não agrega valor ao produto. Já que é um mal necessário ele deve ser minimizado.
- ❑ Relacionamos transporte desnecessário com:
 - ❑ Não ter todos os componentes próximos;
 - ❑ Falta de análise da distância a ser percorrida e tempo de transporte;
 - ❑ A escolha ruim do percurso;
 - ❑ Não implementação da produção puxada ou do fluxo de um produto único.

❖ *Movimentos desnecessários*

- ❑ Movimentação desnecessária de equipamentos ou pessoas que não agrega valor ao produto.
- ❑ Relacionamos movimentos desnecessários com:
 - ❑ Não organização do trabalho;
 - ❑ Ferramentas e materiais longe do local de trabalho;
 - ❑ Layout inadequado.

Estoque

- ❑ Produtos e materiais estocados sem necessidade. Estoque é dinheiro parado!
- ❑ Relacionamos o estoque tanto ao excesso quanto à falta.
- ❑ Podemos evitar estoques desnecessários se:
 - ❑ Produzirmos de acordo com a demanda;
 - ❑ Utilizarmos Kanban e Just in Time;
 - ❑ Ter estoques demarcados e controlados;
 - ❑ Identificar e controlar gargalos nos processos.

❖ *Espera*

- ❑ Tempo gasto desnecessariamente devido a atrasos ou operações não balanceadas.
- ❑ Podemos relacionar a espera com:
 - ❑ Falta de balanceamento, gerando ociosidade de máquinas e pessoas.
 - ❑ Não distribuição correta das atividades.
 - ❑ Não sincronização do trabalho.
 - ❑ Falta de pró-atividade dos funcionários.

❖ *Intelectual (Pessoas)*

- ❑ Não valorização da mão-de-obra em sua capacidade intelectual, conhecimento sobre o negócio e geração de ideias.
- ❑ Podemos relacionar o desperdício intelectual com:
 - ❑ Falta de incentivo aos funcionários.
 - ❑ Alocação de pessoas em etapas que não agregam valor.

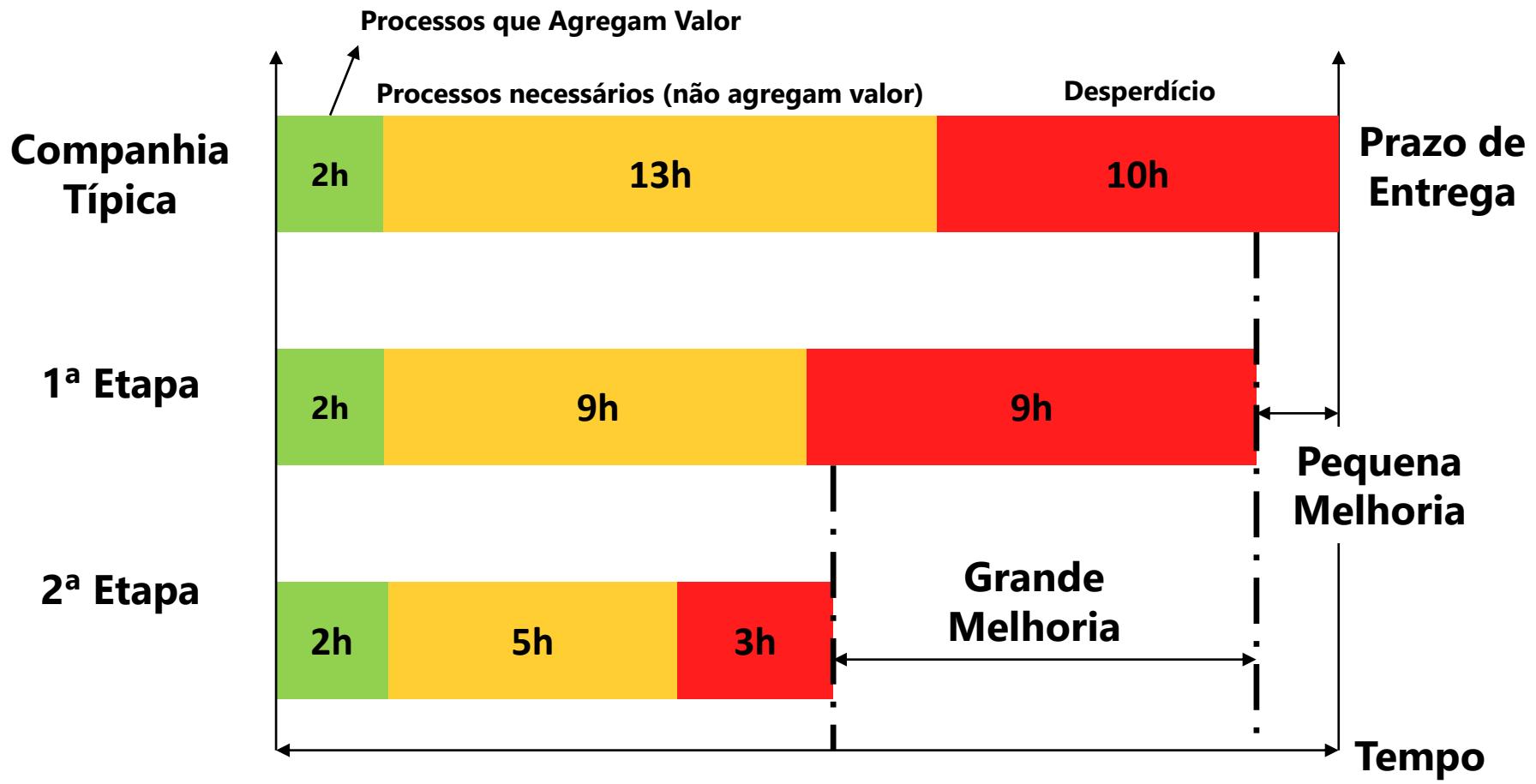
❖ ***Conceito de Valor Agregado***

Agrega Valor: atividades que transformam o produto ou serviço que o cliente deseja, que acrescenta alguma função ou característica ao produto/serviço ou que a empresa ganhe alguma vantagem competitiva. Uma atividade realizada corretamente da primeira vez.

Atividades Necessárias: Consomem recursos e não contribuem diretamente para o produto ou serviço, mas são **necessárias** para o fluxo de valor da empresa.

Desperdício: Atividades que consomem recursos, tempo e espaço, mas não contribuem diretamente para produzir o que o cliente deseja. Gera um custo desnecessário para o cliente e seria possível eliminá-lo sem **comprometer a entrega final**.

❖ Conceito de Valor Agregado



❖ *Algumas ferramentas do Lean*

5S

Gestão Visual

SMED

TPM

Kanban

Kaizen

Mapa do Fluxo de Valor

Poka-Yoke



Módulo 1

Princípios do Lean Seis Sigma

- Lição 1: O que é o Seis Sigma;*
- Lição 2: Visão Geral do Lean Manufacturing;*
- Lição 3: Integração Lean Seis Sigma;***
- Lição 4: Os níveis de certificação dos Belts;*
- Lição 5: Lean Seis Sigma e os Sistemas de Gestão;*



Módulo 1

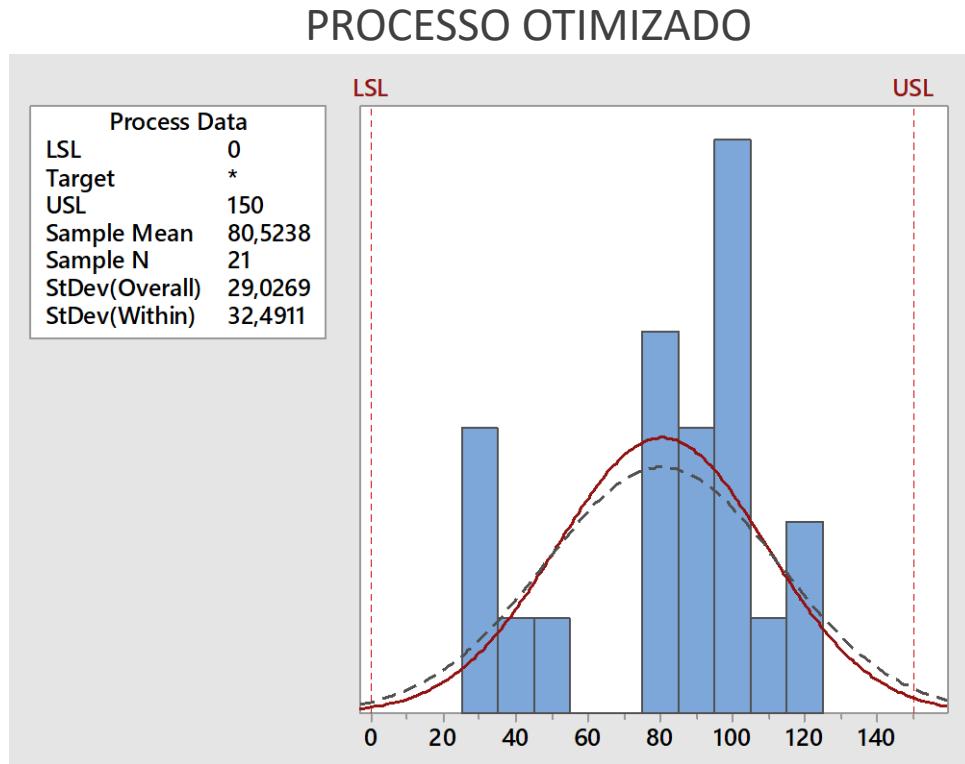
Princípios do Lean Seis Sigma

- Lição 6: Visão Histórica da Melhoria Contínua;*
- Lição 7: Decifrando o DMAIC;*
- Lição 8: Consolidando o Conhecimento – Exercícios de Fixação.*

Integração Lean e Seis Sigma



Integração Lean e Seis Sigma





Módulo 1

Princípios do Lean Seis Sigma

- Lição 1: O que é o Seis Sigma;*
- Lição 2: Visão Geral do Lean Manufacturing;*
- Lição 3: Integração Lean Seis Sigma;*
- Lição 4: Os níveis de certificação dos Belts;***
- Lição 5: Lean Seis Sigma e os Sistemas de Gestão;*

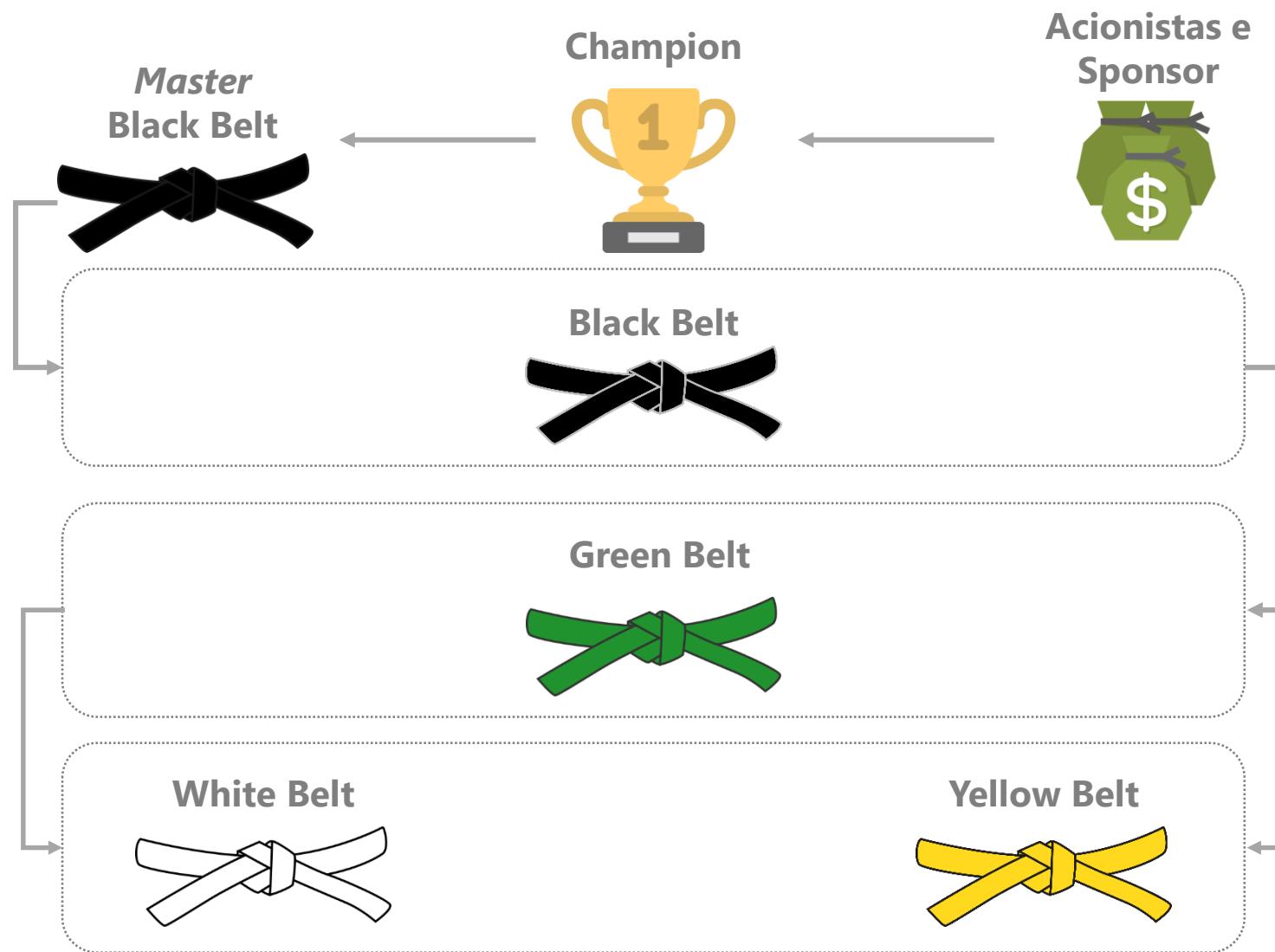


Módulo 1

Princípios do Lean Seis Sigma

- Lição 6: Visão Histórica da Melhoria Contínua;*
- Lição 7: Decifrando o DMAIC;*
- Lição 8: Consolidando o Conhecimento – Exercícios de Fixação.*

❖ A hierarquia no Lean Seis Sigma



❖ *Níveis de formação Lean Seis Sigma*

Acionistas e
Sponsor



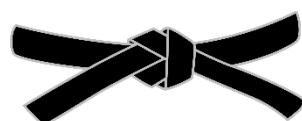
- Participação na formação da carteira de oportunidades e da consequente aprovação dos projetos;
- Participação de eventos de sustentação do programa, tais como a cerimônias de certificação ou início de sessões de treinamento;
- Facilitação e viabilização da disponibilidade de recursos financeiros e humanos.

Champion



- Gestores cuja responsabilidade é apoiar os projetos e remover possíveis barreiras para o seu desenvolvimento;
- Participação nas reuniões periódicas dos projetos;
- Geralmente são gerentes da alta administração.

❖ *Níveis de formação Lean Seis Sigma*



- São profissionais com cargo efetivo na hierarquia da empresa, respondendo diretamente à alta administração;

- Direta ou funcionalmente, está ligado à área de gestão da organização;

- Disponibiliza, preferencialmente, 100% de seu tempo ao programa Seis Sigma, principalmente no mentoramento de projetos;

- Em algumas empresas, exercem também funções executivas nas áreas de Gestão ou Qualidade.

- São profissionais com cargo efetivo na hierarquia da empresa, respondendo diretamente ou indiretamente ao MBB;

- Direta ou funcionalmente, está ligado à área de gestão da organização;

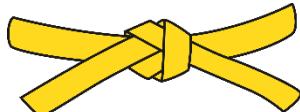
- Disponibiliza, preferencialmente, 100% de seu tempo ao programa Seis Sigma, principalmente na execução e no mentoramento de projetos (há casos em que o profissional dedica uma certa parte de seu tempo a atividades de gestão da rotina).

❖ *Níveis de formação Lean Seis Sigma*

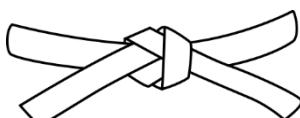


Green Belt

- São profissionais que dedicam parte de seu tempo (geralmente cerca de 20-30% do tempo) a atividades de melhoria contínua e execução de projetos Seis Sigma, respondendo hierarquicamente a seu superior imediato (não existe relação hierárquica entre Black Belt e Green Belt, apenas relações funcionais no desenvolvimento de projetos).



Yellow Belt

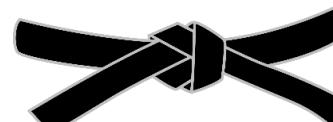


White Belt

- São profissionais do nível operacional da empresa, treinados nos fundamentos do Seis Sigma para que possam dar suporte aos Black Belts e Green Belts na implementação dos projetos.

❖ Certificação Lean Seis Sigma



Nº Projetos	Prazo
 1 projeto de curto prazo	Cerca de 3 a 4 meses
 1 projeto de curto prazo 1 projeto de médio prazo	Cerca de 3 a 4 meses Cerca de 4 a 6 meses

❖ Certificação Lean Seis Sigma - Requisitos



Certificação

-  1. Fazer o treinamento de Green/Black Belt
-  2. Ser o líder Green Belt de um Projeto Seis Sigma
-  3. Apresentar projeto e se certificar Green Belt
-  4. Ser o líder Black Belt de um Projeto Seis Sigma
-  5. Apresentar projeto e se certificar Black Belt

❖ *Processo de Certificação tradicional*



1. Fazer o download na plataforma do padrão em PowerPoint para apresentação do projeto e o formulário de declaração de veracidade das informações.



2. Enviar projeto na apresentação padrão para seissigma@voitto.com.br solicitando avaliação preliminar. A equipe da Voitto irá retornar o projeto enviado com oportunidades de melhoria, caso seja necessário.



3. Agendar apresentação por Skype ou presencial (caso seja possível) com duração de 30 minutos para que o projeto seja avaliado de acordo com os critérios do próximo slide. O rigor de avaliação para Black Belt e Green Belt é diferente.

❖ ***Processo de Certificação com o PPA***



1. Escolher entre o PPA Industrial e o PPA Serviços. Seguir as orientações dos vídeos do Projeto Prático Aplicado na plataforma online.



2. Enviar a documentação de cada etapa do projeto (etapas do método DMAIC) pela plataforma online para avaliação.



3. Aguardar o feedback da etapa enviada e avançar para a etapa seguinte.

❖ ***Critérios Avaliados***



Qualidade dos Documentos



Domínio das Ferramentas Lean Seis Sigma



Aplicação do DMAIC



Resultados Financeiros



Alcance da Meta Global



Ganhos Organizacionais



Entrega no Prazo



Habilidades Gerenciais



Módulo 1

Princípios do Lean Seis Sigma

- Lição 1: O que é o Seis Sigma;*
- Lição 2: Visão Geral do Lean Manufacturing;*
- Lição 3: Integração Lean Seis Sigma;*
- Lição 4: Os níveis de certificação dos Belts;*
- Lição 5: Lean Seis Sigma e os Sistemas de Gestão;***

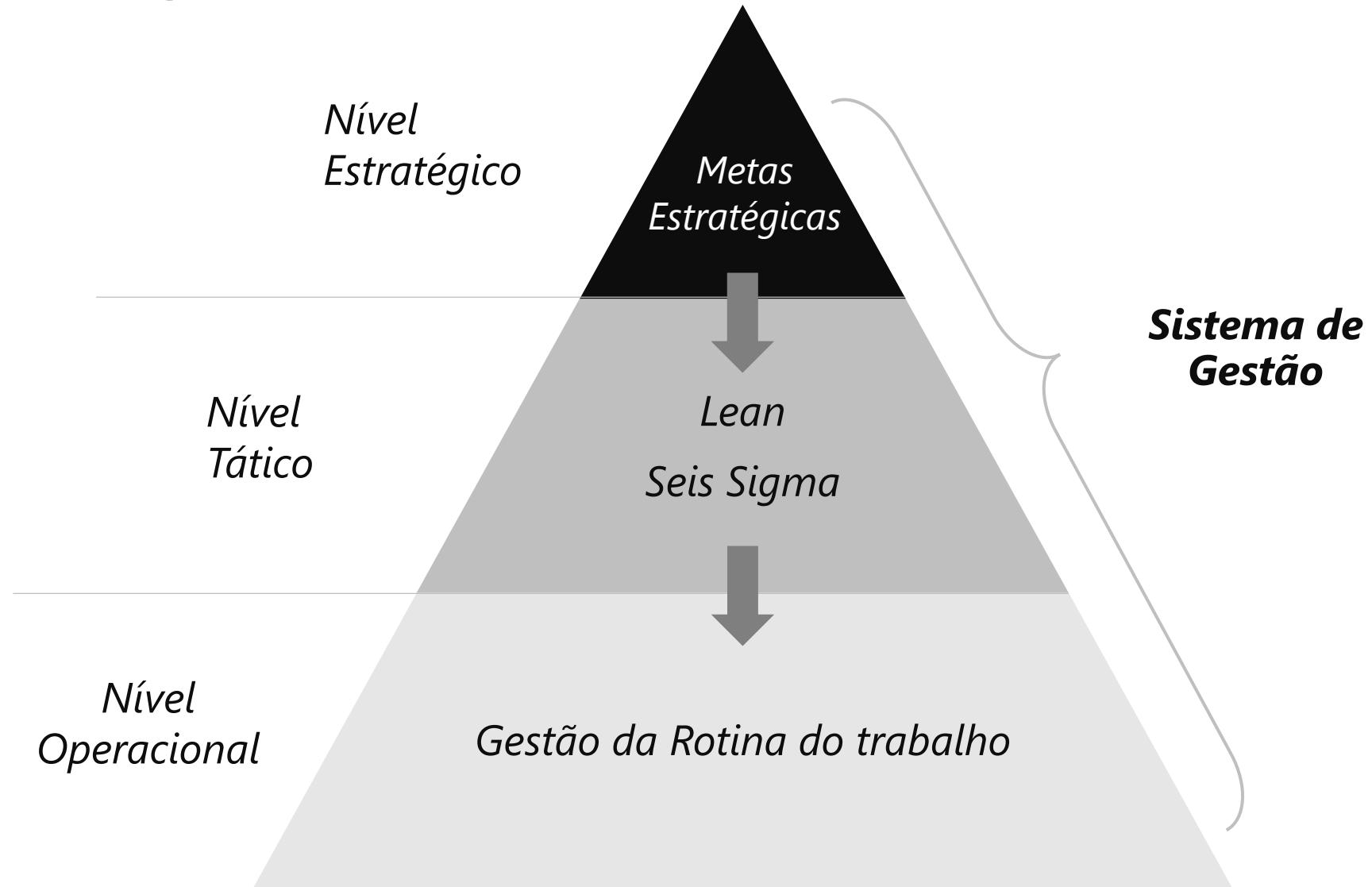


Módulo 1

Princípios do Lean Seis Sigma

- Lição 6: Visão Histórica da Melhoria Contínua;*
- Lição 7: Decifrando o DMAIC;*
- Lição 8: Consolidando o Conhecimento – Exercícios de Fixação.*

❖ *Lean Seis Sigma e o Sistema de Gestão*



❖ *Lean Seis Sigma e o Sistema de Gestão*





Módulo 1

Princípios do Lean Seis Sigma

- Lição 1: O que é o Seis Sigma;*
- Lição 2: Visão Geral do Lean Manufacturing;*
- Lição 3: Integração Lean Seis Sigma;*
- Lição 4: Os níveis de certificação dos Belts;*
- Lição 5: Lean Seis Sigma e os Sistemas de Gestão;*



Módulo 1

Princípios do Lean Seis Sigma

- Lição 6: Visão Histórica da Melhoria Contínua;***
- Lição 7: Decifrando o DMAIC;***
- Lição 8: Consolidando o Conhecimento – Exercícios de Fixação.***

❖ Visão Histórica

Entenda a evolução da Qualidade e da Melhoria Contínua até os dias atuais:



Em 1798 com **Eli Whitney** introduziu o conceito de produção em série e peças intercambiáveis, criando um revolucionário **sistema de uniformidade**. Conceitos de **necessidade de coerência** e **identificação de defeitos** começaram a ser difundidos.

❖ Visão Histórica



Em 1924, **Shewhart** deu início a **era do controle estatístico da qualidade**. Pensamento voltado para o processo. Coleta e análise de dados, criou a **carta de controle de processos**.

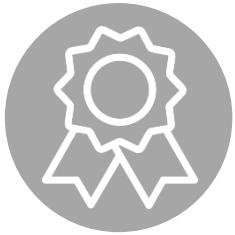


Após a Segunda Guerra Mundial, com o país devastado, os Japoneses buscaram reestruturar suas empresas. Em 1950, **Deming** foi ao Japão para **ensinar estatística** e promover o **uso do ciclo PDCA** (planejar-fazer-checar-agir) de **melhoria contínua**.

❖ Visão Histórica



Em 1954, **Juran** foi convidado a ir ao Japão para levar os **princípios de gestão da qualidade**, integrando as iniciativas em **todas as camadas da organização**.



Em meados do anos 60, **Kaoru Ishikawa** foi um entusiasta do **Círculo de Controle de Qualidade** desenvolvendo uma estratégia de qualidade para o Japão. Uma de suas principais contribuições foi definir os sete instrumentos do controle de qualidade: **Gráfico de Pareto, Diagrama de Causa e Efeito, Histogramas, Folhas de Verificação, Gráficos de Dispersão, Fluxogramas e Cartas de Controle**.

❖ Visão Histórica



As primeiras iniciativas Seis Sigma nasceram nos **anos 80**, com o objetivo de capacitar a **Motorola** a enfrentar os seus concorrentes, que fabricavam produtos com maior qualidade e preços menores.



Em **meados dos anos 90**, a Allied Signal e a General Eletric comprovaram o poder do Seis Sigma transformando o enfoque da melhoria de qualidade em melhoria dos negócios, obtendo inacreditáveis **ganhos financeiros**.



No **final dos anos 90**, o Seis Sigma deixou de ter o foco apenas na indústria.



Módulo 1

Princípios do Lean Seis Sigma

- Lição 1: O que é o Seis Sigma;*
- Lição 2: Visão Geral do Lean Manufacturing;*
- Lição 3: Integração Lean Seis Sigma;*
- Lição 4: Os níveis de certificação dos Belts;*
- Lição 5: Lean Seis Sigma e os Sistemas de Gestão;*

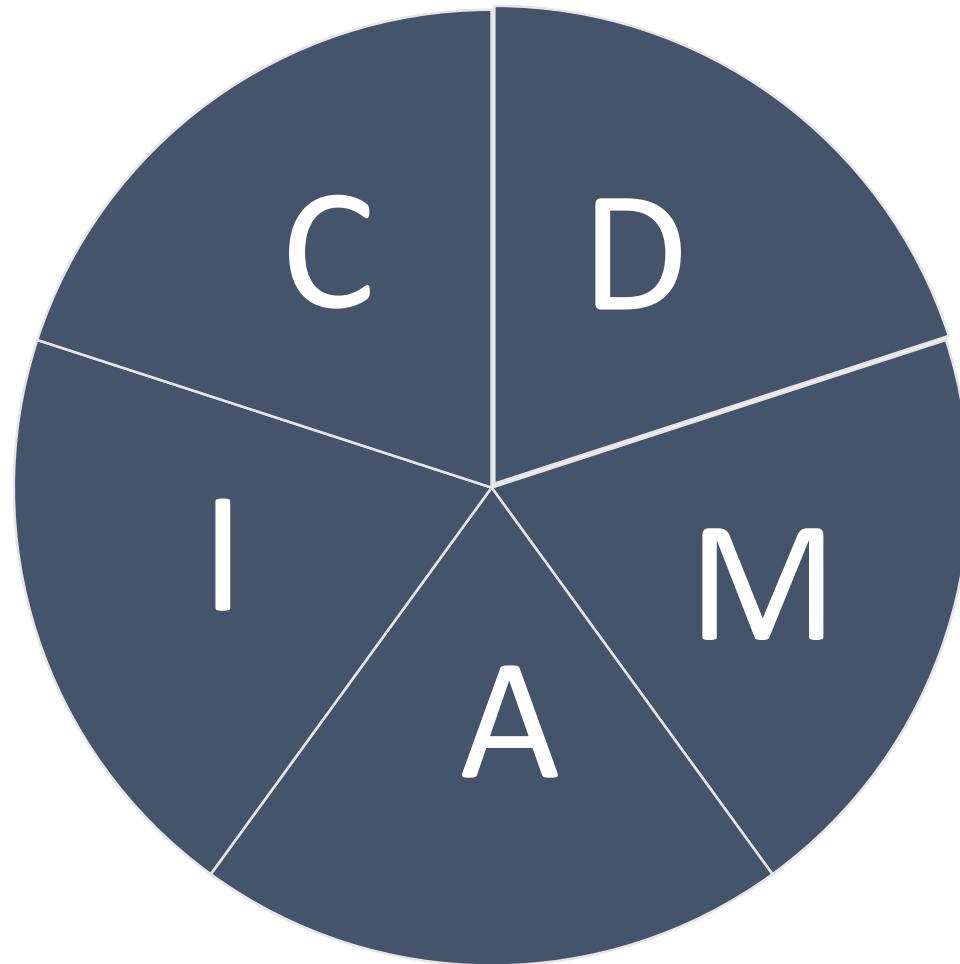


Módulo 1

Princípios do Lean Seis Sigma

- Lição 6: Visão Histórica da Melhoria Contínua;*
- Lição 7: Decifrando o DMAIC;***
- Lição 8: Consolidando o Conhecimento – Exercícios de Fixação.*

❖ O Método DMAIC



Definir (Define)



Medir (Measure)



Analisar (Analyze)

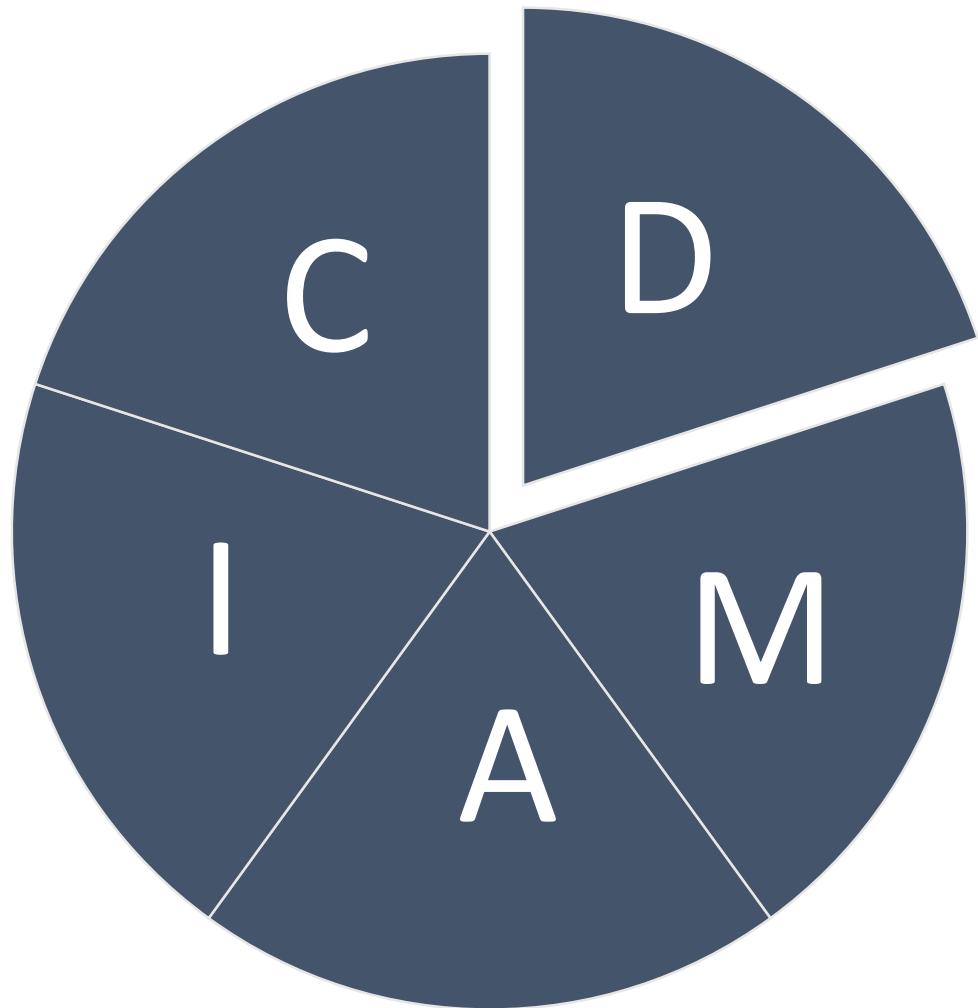


Melhorar (Improve)



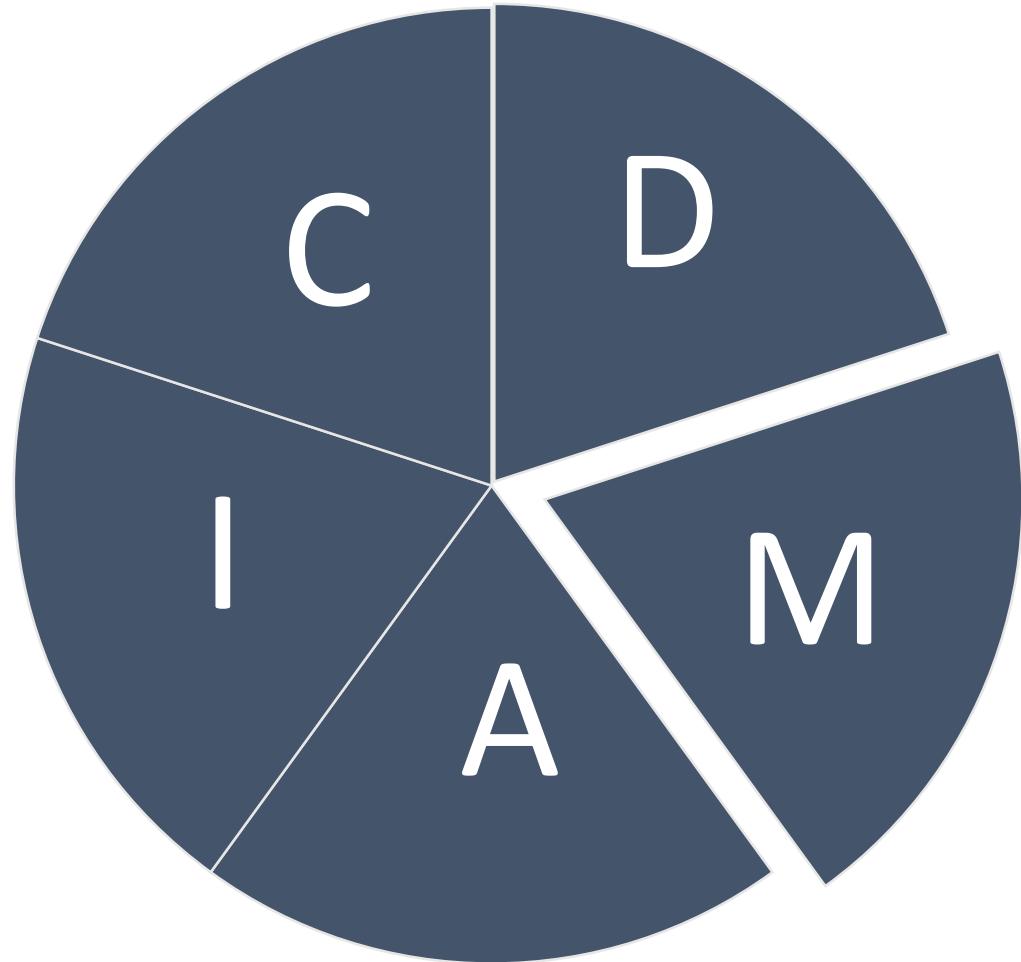
Controlar (Control)

❖ O Método DMAIC



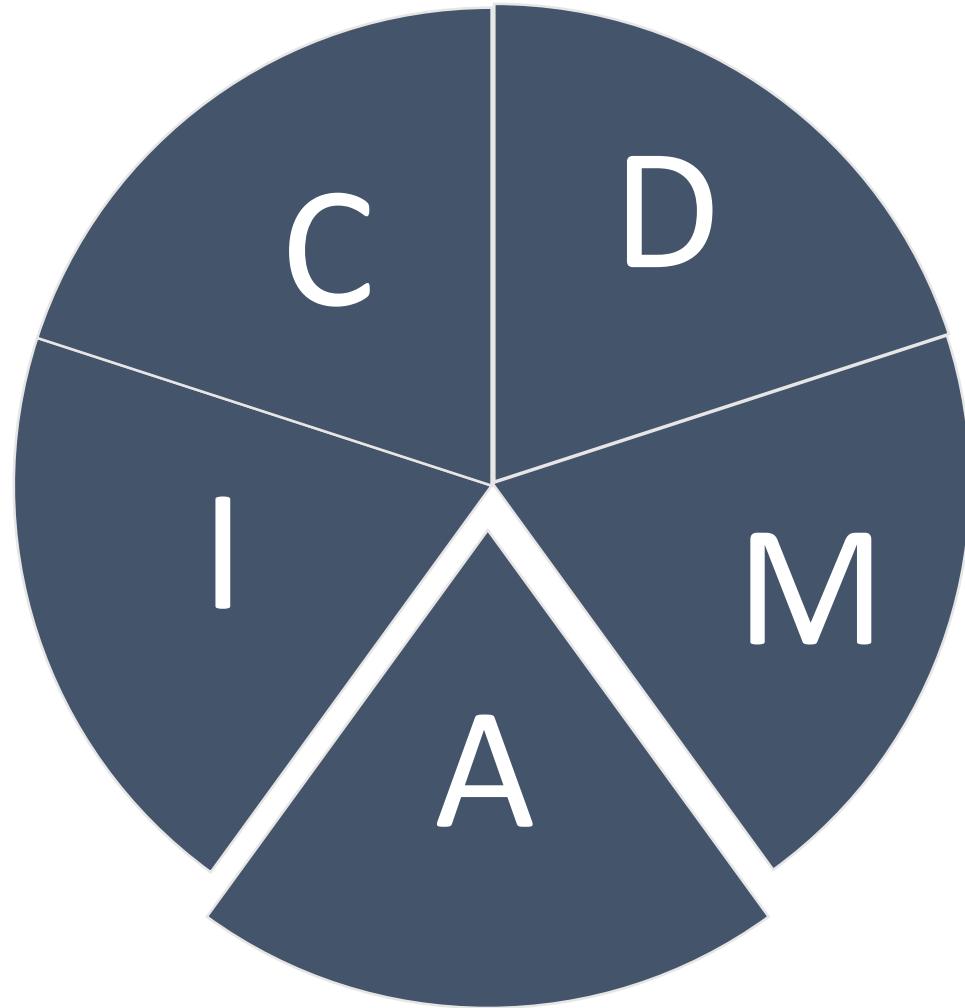
DEFINIÇÃO – Definir o escopo do projeto com precisão, identificar o processo gerador do problema, definir uma meta global e elaborar o contrato do projeto.

❖ *O Método DMAIC*



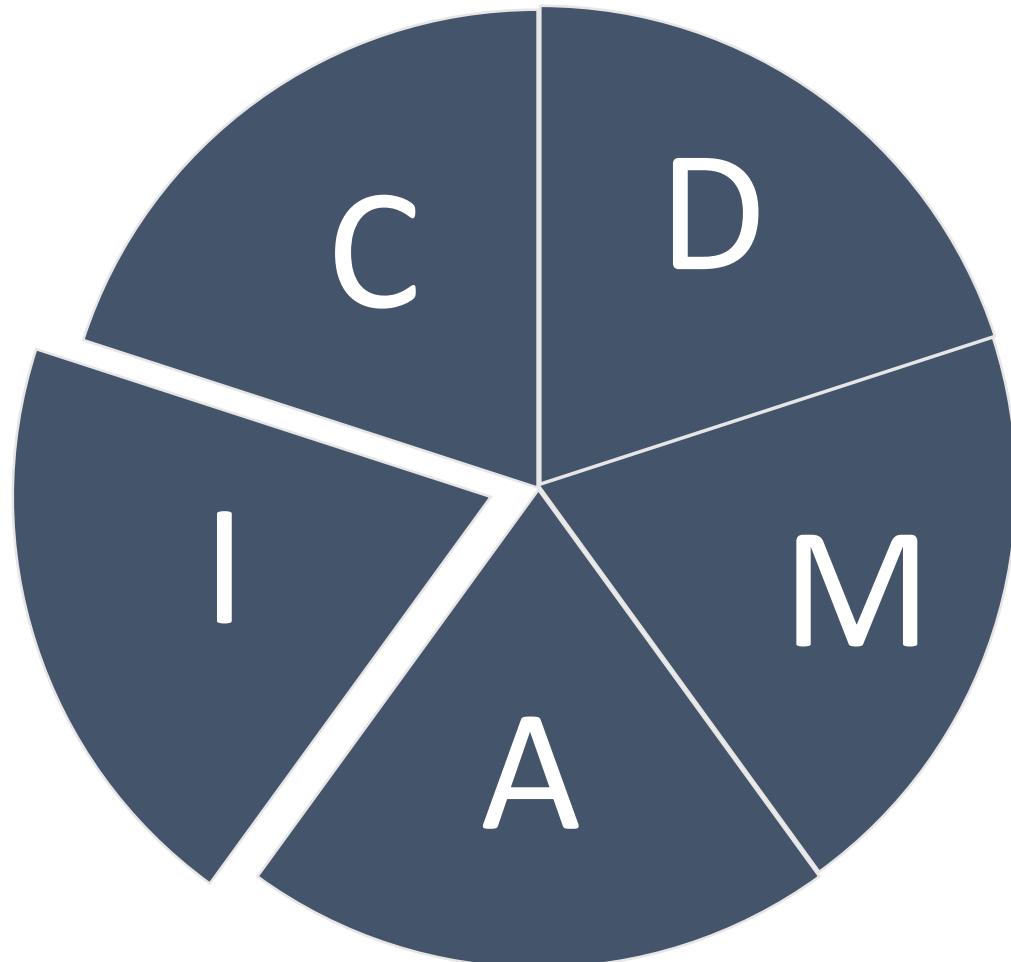
MEDIÇÃO – Analisar quantitativamente os dados, avaliar as causas potenciais no processo mapeado e definir os focos do projeto.

❖ O Método DMAIC



ANÁLISE – Identificar as causas raiz do problema com fatos e dados.

❖ O Método DMAIC



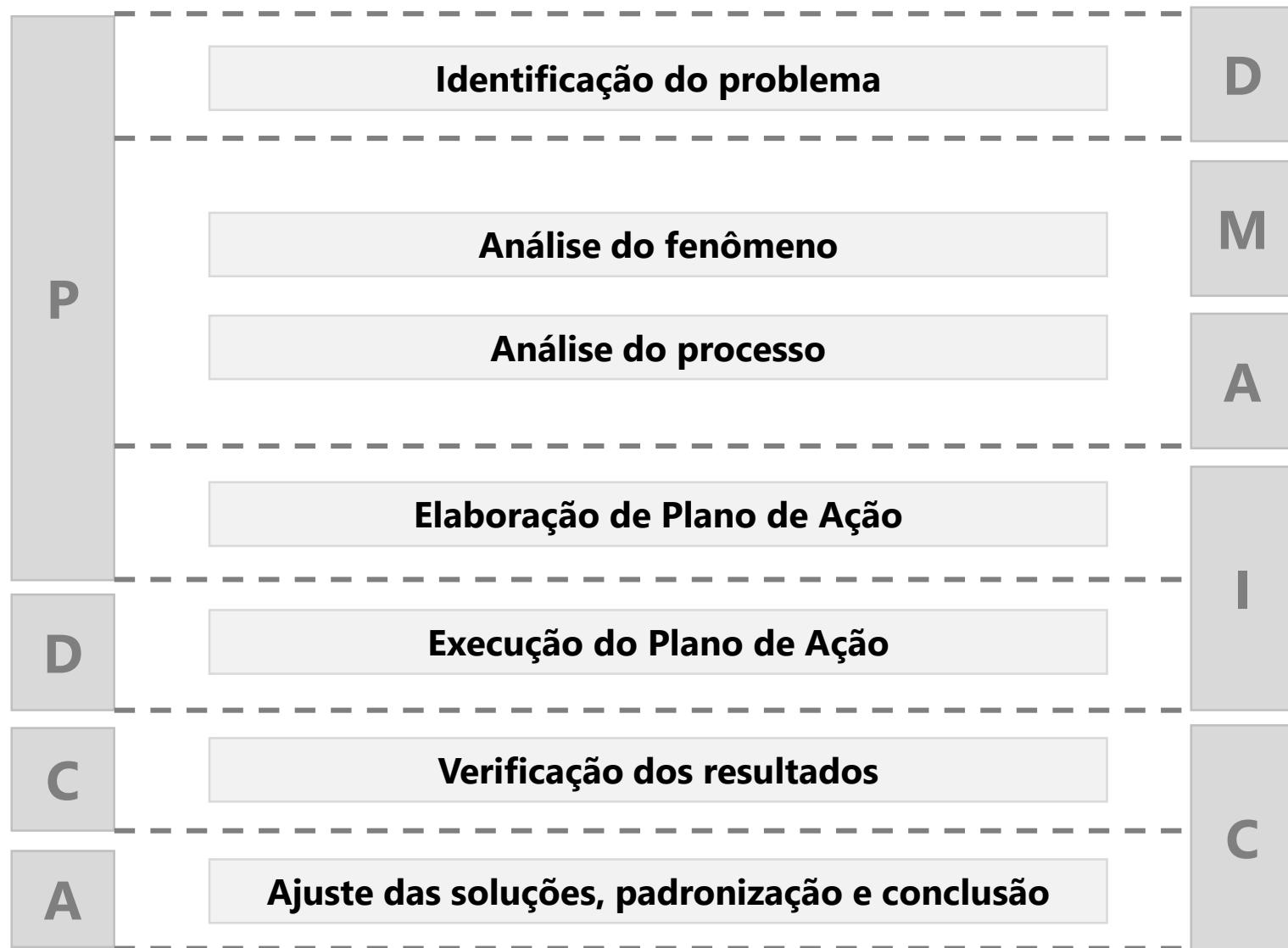
MELHORIA – Propor soluções, avaliar o risco de implementação, elaborar e executar o plano de ação.

❖ O Método DMAIC



CONTROLE – Medir os resultados e definir mecanismos que garanta a sustentabilidade das melhorias alcançadas.

❖ Relação PDCA x DMAIC





Módulo 1

Princípios do Lean Seis Sigma

- Lição 1: O que é o Seis Sigma;*
- Lição 2: Visão Geral do Lean Manufacturing;*
- Lição 3: Integração Lean Seis Sigma;*
- Lição 4: Os níveis de certificação dos Belts;*
- Lição 5: Lean Seis Sigma e os Sistemas de Gestão;*



Módulo 1

Princípios do Lean Seis Sigma

- Lição 6: Visão Histórica da Melhoria Contínua;*
- Lição 7: Decifrando o DMAIC;*
- Lição 8: Consolidando o Conhecimento – Exercícios de Fixação.***

❖ *Exercício – Valor Agregado*



Vamos realizar o seguinte processo:

1. Caminhar até a mesa;
2. Pegar uma caneta e tirar a tampa da caneta;
3. Caminhar até o quadro;
4. Escrever “Lean Seis Sigma” no quadro e colocar a tampa na caneta;
5. Caminhar até a mesa e devolver a caneta.

❖ *Exercício – Valor Agregado*



Outro colaborador deve cronometrar e anotar os tempos gastos em cada etapa do processo citado anteriormente:

Processo	Tempo (s)
Caminhar até a mesa	5 s
Pegar uma caneta e tirar a tampa da caneta	2 s
Cainhar até o quadro	6 s
Escrever Lean Seis Sigma e colocar a tampa	5 s
Caminhar até a mesa e devolver a caneta	7 s
Tempo Total	25 s

❖ ***Exercício – Valor Agregado***



Considerando que o produto entregue ao cliente é a escrita Lean Seis Sigma, vamos classificar as etapas do processo como: **TAV** (tempo de agregação de valor), e **TNAV** (tempo de não agregação de valor):

Processo	Classificação
Caminhar até a mesa	TNAV
Pegar uma caneta e tirar a tampa da caneta	TAV
Caminhar até o quadro	TNAV
Escrever Lean Seis Sigma e colocar a tampa	TAV
Caminhar até a mesa e devolver a caneta	TNAV

❖ *Exercício – Valor Agregado*



Vamos fazer o somatório dos tempos das atividades que agregam valor e o somatório das atividades que não agregam valor e calcular a eficiência (%) dividindo o primeiro termo pelo tempo total e multiplicando por 100.

<i>Atividades</i>	<i>Tempo (s)</i>
Σ Atividades que agregam valor	7 s
Σ Atividades que não agregam valor	18 s
Eficiência (%)	$Eficiência = (7/25)*100 = 28\%$

❖ *Exercício – Valor Agregado*



Como você avalia o processo? Como ele pode ser melhorado?

- O processo possui um tempo de não agregação de valor alto;
- É necessário eliminar ou reduzir o máximo possível o tempo de não agregação de valor considerado desperdício;
- É possível investir também na tentativa de otimizar o tempo de agregação de valor já que a atividade em questão é simples;
- Será necessário rever o layout do fluxo e eliminar os tempos de deslocamentos.

❖ *Exercício – Valor Agregado*



A partir da reflexão dos pontos de melhoria, como podemos melhorar o processo anterior? Vamos definir o novo processo com o objetivo de escrever a palavra Lean Seis Sigma.

Processo	Tempo (s)
Caminhar até o quadro;	4 s
Tirar a tampa da caneta e escrever Lean Seis Sigma no quadro;	7 s
Colocar a tampa da caneta;	2 s
Tempo Total	13 s

❖ *Exercício – Valor Agregado*



Vamos repetir os cálculos anteriores e observar a eficiência. O quanto o processo melhorou?

<i>Atividades</i>	<i>Tempo (s)</i>
Σ Atividades que agregam valor	7 s
Σ Atividades que não agregam valor	6 s
Eficiência (%)	$Eficiência = (7/13)*100 = 53,8\%$

❖ ***Exercícios de Fixação – Módulo 1***



1. O que é o Lean Seis Sigma?

- a) Metodologia aplicada à melhoria contínua, que utiliza o método DMAIC para otimizar processos já existentes com pouco ou nenhum investimento.
- b) Metodologia para a criação de novos produtos e melhoria de processos já existentes, através de projetos que podem requerer investimento.
- c) Metodologia desenvolvida pela Toyota para a melhoria contínua da empresa.

2. O Nível de Qualidade Sigma é uma medida de:

- a) Retorno do investimento.
- b) Desempenho do processo.
- c) Satisfação do Cliente.

❖ ***Exercícios de Fixação – Módulo 1***



3. O Programa Lean Seis Sigma contextualizado no Sistema de Gestão de uma empresa, se encontra em qual nível?
- a) Nível Estratégico.
 - b) Nível Tático.
 - c) Nível Operacional.
4. O Green Belt, dentro da estrutura do Lean Seis Sigma:
- a) É um especialista que normalmente trabalha *full time* na condução de projetos Lean Seis Sigma na empresa.
 - b) É um facilitador nos projetos dos Black Belts e não possui a responsabilidade de conduzir o seu próprio projeto.
 - c) É responsável por conduzir um projeto Lean Seis Sigma próprio e normalmente dedica parte do seu tempo à metodologia.

❖ *Exercícios de Fixação – Módulo 1*



Gabarito:

- 1) A
- 2) B
- 3) B
- 4) C



Módulo 2

DMAIC: Fase de Definição

- Lição 1: Descrição da Fase Definição;***
- Lição 2: Identificando Projetos Lean Seis Sigma;***
- Lição 3: Mapas de Raciocínio;***
- Lição 4: Voz do Cliente (VOC);***
- Lição 5: Definição do Escopo e Planejamento do Projeto;***
- Lição 6: Análise de Risco do Projeto;***
- Lição 7: Métricas Lean Manufacturing;***
- Lição 8: Métricas Seis Sigma;***



Módulo 2

DMAIC: Fase de Definição

- Lição 9: Benchmarking;*
- Lição 10: Definição de Metas para projetos LSS;*
- Lição 11: Equipe de projeto e a Comunicação;*
- Lição 12: SIPOC;*
- Lição 13: Mapeamento do Fluxo de Valor;*
- Lição 14: Dinâmica das Embarcações;*
- Lição 15: Contrato de Projetos (Project Charter);*
- Lição 16: Consolidando o Conhecimento.*

❖ *Fase de Definição*



Objetivo:

Definir claramente **o escopo do projeto**, avaliando o histórico do problema, o processo onde ocorre e acordando os principais pontos do projeto através do contrato do projeto.

Perguntas de orientação:

- Qual é o problema a ser resolvido no projeto?
- Qual meta se pretende atingir e qual o ganho financeiro correspondente?
- Qual processo está relacionado com o problema descrito?

❖ *Fase de Definição*



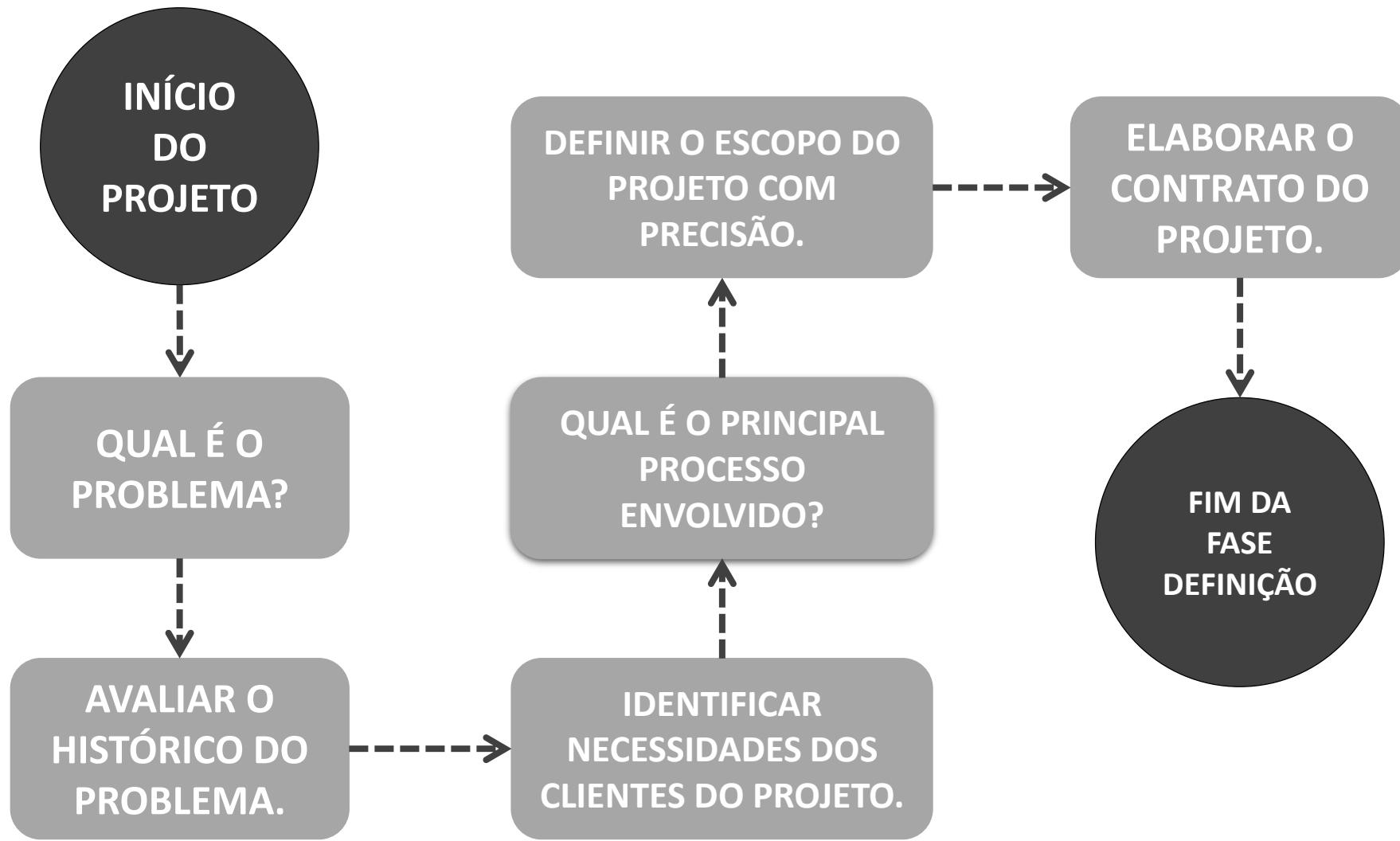
Ferramentas:

Mapa de Raciocínio, Voz do Cliente (definir CTQs), Matriz de Escopo, SIPOC e Contrato de Projeto (*Project Charter*).

Tempo estimado: 2 semanas.



❖ Fase de Definição





Módulo 2

DMAIC: Fase de Definição

- Lição 1: Descrição da Fase Definição;*
- Lição 2: Identificando Projetos Lean Seis Sigma;***
- Lição 3: Mapas de Raciocínio;*
- Lição 4: Voz do Cliente (VOC);*
- Lição 5: Definição do Escopo e Planejamento do Projeto;*
- Lição 6: Análise de Risco do Projeto;*
- Lição 7: Métricas Lean Manufacturing;*
- Lição 8: Métricas Seis Sigma;*



Módulo 2

DMAIC: Fase de Definição

- Lição 9: Benchmarking;*
- Lição 10: Definição de Metas para projetos LSS;*
- Lição 11: Equipe de projeto e a Comunicação;*
- Lição 12: SIPOC;*
- Lição 13: Mapeamento do Fluxo de Valor;*
- Lição 14: Dinâmica das Embarcações;*
- Lição 15: Contrato de Projetos (Project Charter);*
- Lição 16: Consolidando o Conhecimento.*



❖ *Identificação do Projeto LSS*

Para definir qual o problema ou oportunidade será trabalhada na metodologia Lean Seis Sigma é necessário compreender como identificar um bom projeto.

Existem muitas fontes que uma companhia pode usar a fim de procurar por potenciais projetos Lean Seis Sigma. Veja alguns exemplos abaixo:

- Desdobramento de metas (exemplo: indicadores financeiros, de processo, qualidade, clientes);
- Mapeamento de processos;
- Identificação de desperdícios;
- Necessidade de clientes internos e externos;
- Benchmarking.



❖ Identificação do Projeto LSS

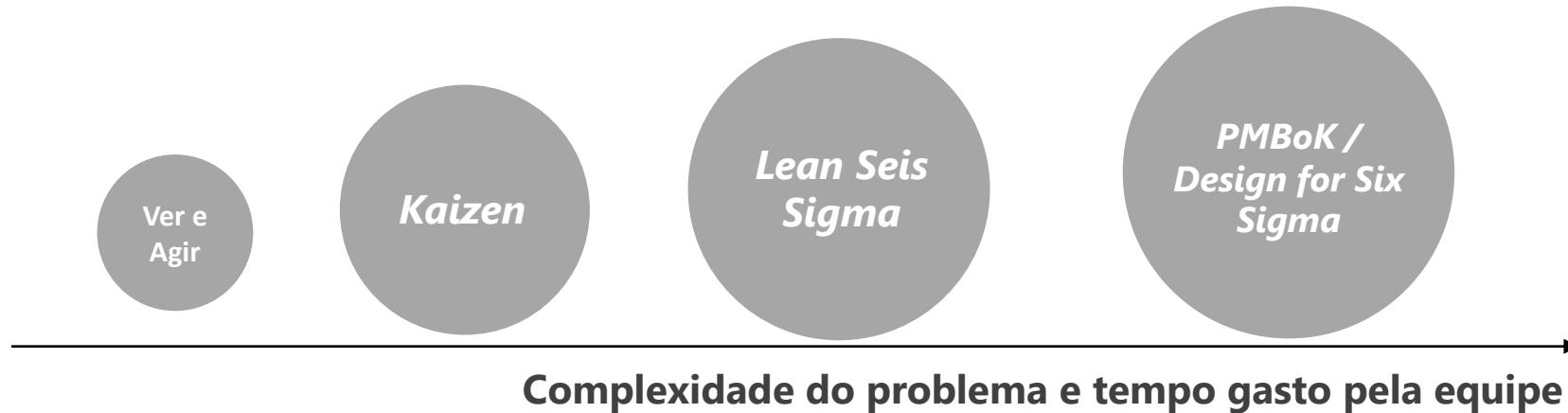
No exemplo abaixo, uma empresa possui um bom desdobramento de métricas que pode ser utilizado como referência para definição de projetos Lean Seis Sigma.





❖ Identificação do Projeto LSS

Ao trabalhar com o Lean Seis Sigma, é importante lembrar que alguns problemas não estarão no nível tático e não poderá ser solucionados dentro do prazo previsto para as iniciativas do Lean Seis Sigma e, principalmente, com pouco ou nenhum investimento. Por este motivo, devemos ficar atento à outras metodologias.



❖ *Identificação do Projeto LSS*



Características de um bom projeto Lean Seis Sigma:

- ❑ O tema do projeto se relaciona aos **objetivos estratégicos** da empresa e pode ser trabalhado na rotina do dia-a-dia;
- ❑ O escopo do projeto permite sua conclusão em **3 a 4 meses** para o GB e em **4 a 6 meses** para o BB;
- ❑ Impacto significativo na performance da Organização, ganho de qualidade e **principalmente ganho financeiro**;

❖ Identificação do Projeto LSS



Características de um bom projeto Lean Seis Sigma:

- ❑ Possui uma base de dados confiável e um indicador mensurável, sendo possível **quantificar os resultados**;
- ❑ Existe uma **lacuna de performance** entre o valor atual do indicador e o desejado;
- ❑ Soluções necessárias para **eliminar o problema** não são conhecidas ou não são óbvias para a Organização.



❖ Identificação do Projeto LSS

Exemplos de projetos Lean Seis Sigma:

- ❑ Redução do custo de armazenagem de produtos.
- ❑ Diminuição do custo de frete.
- ❑ Redução dos custos com estoques.
- ❑ Redução do índice de reclamações dos clientes.
- ❑ Redução do índice de turnover dos colaboradores.
- ❑ Redução do tempo total para execução dos processos.
- ❑ Redução do índice de retrabalho de produtos no final da linha de montagem.
- ❑ Eliminar a ocorrência de erros em Notas Fiscais emitidas.
- ❑ Crescimento da venda de um segmento de produto.
- ❑ Aumento da margem de um segmento de produto.

❖ Tarefa Prática – Metalúrgica Voitto



A empresa **Metalúrgica Voitto** produz lâminas de aço para a indústria automobilística. O gestor de melhoria contínua solicitou uma reunião com a alta administração da empresa para avaliar potenciais temas de projetos e registrou os seguintes pontos: os operadores da produção têm preenchido os relatórios diários com erros, os resultados do indicador de geração de sucata aumentou nos últimos 3 meses, o consumo de energia elétrica cresceu e a produtividade das duas principais linhas de produção variou além dos limites especificados pela empresa.

Quais são os potenciais projetos Lean Seis Sigma nessa empresa?

- Redução de erros no preenchimento dos relatórios de produção;
- Reduzir a quantidade de sucata gerada por tonelada de produto final;
- Reduzir o consumo de energia (kWh) por tonelada de produto acabado;
- Reduzir a variabilidade da produtividade das duas principais linhas de produção.



Módulo 2

DMAIC: Fase de Definição

- Lição 1: Descrição da Fase Definição;*
- Lição 2: Identificando Projetos Lean Seis Sigma;*
- Lição 3: Mapas de Raciocínio;***
- Lição 4: Voz do Cliente (VOC);*
- Lição 5: Definição do Escopo e Planejamento do Projeto;*
- Lição 6: Análise de Risco do Projeto;*
- Lição 7: Métricas Lean Manufacturing;*
- Lição 8: Métricas Seis Sigma;*



Módulo 2

DMAIC: Fase de Definição

- Lição 9: Benchmarking;*
- Lição 10: Definição de Metas para projetos LSS;*
- Lição 11: Equipe de projeto e a Comunicação;*
- Lição 12: SIPOC;*
- Lição 13: Mapeamento do Fluxo de Valor;*
- Lição 14: Dinâmica das Embarcações;*
- Lição 15: Contrato de Projetos (Project Charter);*
- Lição 16: Consolidando o Conhecimento.*



❖ *Mapa de Raciocínio*

O Mapa de Raciocínio é um documento dinâmico que possui a finalidade de **registrar a forma de raciocínio** do Belt durante a execução de um Projeto Seis Sigma.

O Mapa de Raciocínio deve conter:

- Cada etapa do método DMAIC bem identificada;
- O escopo, a meta global e o contrato do projeto;
- As principais questões que devem ser respondidas durante o desenvolvimento do projeto como: as causas do problema e quais serão as ações de melhoria;
- As ferramentas qualitativas e quantitativas utilizadas na análise dos dados do projeto.

❖ ***Mapa de Raciocínio***

Os benefícios do Mapa de Raciocínio são:

- ❑ Permite a documentação de informações do projeto, o que torna possível a retenção do conhecimento na empresa;
- ❑ Obriga os Belts a desenvolver um modelo mental adequado na condução do projeto;
- ❑ Constitui a base de uma apresentação do projeto.

A seguir apresentamos o Mapa de Raciocínio da Voitto, que será utilizado pelos candidatos para documentar o projeto e apresentá-lo no momento da certificação.

❖ Mapa de Raciocínio

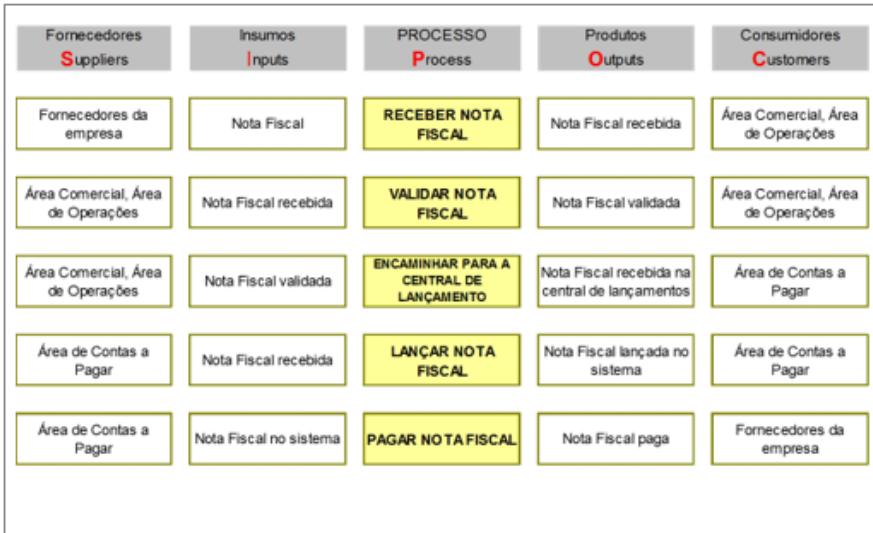
Definição		D M A I C	Definição	D M A I C
Empresa	Tech Tudo			
Ramo	Manufatura de impressoras			
Equipe de Projeto	Roberto Silva – líder Green Belt Amanda Oliveira – responsável pelo levantamento de dados Ricardo Braga – apoiará o Green Belt nas análises estatísticas Letícia Cabral – apoiará o Green Belt na identificação das causas e levantamento das soluções.		Avaliar o histórico do problema / identificar a lacuna de performance	
Descrição do Problema	O atual processo de pagamento de Notas Fiscais de fornecedores não permite o pagamento no prazo, conforme acordado em contrato. Reclamações por partes dos fornecedores tem se mostrado cada vez mais frequente e a empresa paga juros e multas pelos atrasos. Algumas iniciativas já foram feitas na área, contudo sem sucesso.			 <p>Gráfico de Séries Temporais de Juros e Multas</p> <p>Juros e Multas</p> <p>Mês</p>
Meta			Reduzir o patamar médio dos custos de juros e multas em 63,7% (de R\$ 45.487,00 para R\$ 16.500,00), considerando um desvio padrão de R\$ 3.800,00, em um período de 4 meses.	
Ganho Estimado			Ao alcançar a meta, o projeto trará uma economia de R\$ 28.987,00 por mês ou um ganho potencial de R\$ 347.844,00 no ano.	



Definição

D M A I C

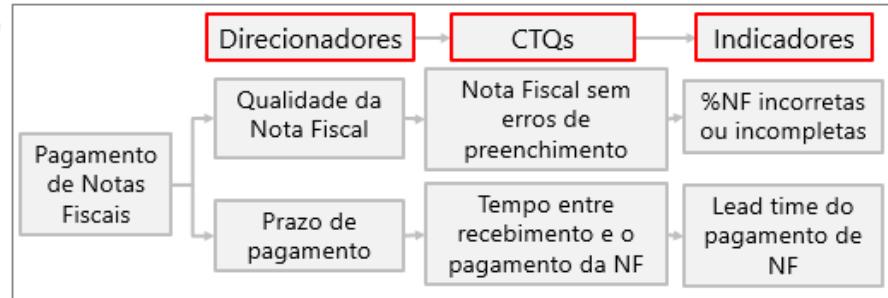
Processo gerador
do problema
(SIPOC)



Definição

D M A I C

Voz do cliente do projeto



Cronograma

DEFINIÇÃO – 01 A 15/03/16
MEDAÇÃO – 16/03 A 30/04/16
ANÁLISE – 01/05 A 15/05/16
MELHORIA – 16/05 A 15/06/16
CONTROLE – 16/06 A 30/06/16

MONITORAMENTO DOS RESULTADOS – JULHO, AGOSTO E SETEMBRO/16

Definição

D M A I C

Definir o escopo
(Matriz dentro e
fora)

FORA:

- Notas Fiscais recebidas pelo RH;
- Processos secundários de pagamentos de Notas Fiscais;

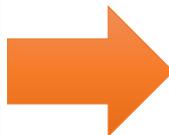
DENTRO:

- Todos os fornecedores da área de produção;
- Processos da área de Contas a Pagar;
- Novos fornecedores serão incluídos nas soluções propostas pelo projeto;

Definição

D M A I C

Contrato do Projeto (Project Charter)



PROJECT CHARTER
Contrato do Projeto

Título do Projeto
Redução das custas de juros e multas com pagamentos a fornecedores.

Green Belt Roberto Silva	Data de elaboração do contrato: 15/05/2014
-----------------------------	---

Descrição do Problema
O atual processo de pagamento das Notas Fiscais dos fornecedores não permite o pagamento no prazo, conforme acordado em contrato. Reclamações por parte dos fornecedores vêm se mostrando cada vez mais frequente e a empresa paga juros e multas pelos atrasos. Algumas iniciativas já foram feitas, mas não obtiveram sucesso.

Indicador do projeto Custas de juros e multas (R\$)	Periodicidade Mensual	Valor Atual R\$ 52.500,00
--	--------------------------	------------------------------

Comportamento Histórico do Problema

Gráfico de Séries Temporais de Juros e Multas

Mês	Juros e Multas (R\$)
Maio	~41,407
Junho	~21,900
Julho	~5,300



Módulo 2

DMAIC: Fase de Definição

- Lição 1: Descrição da Fase Definição;*
- Lição 2: Identificando Projetos Lean Seis Sigma;*
- Lição 3: Mapas de Raciocínio;*
- Lição 4: Voz do Cliente (VOC);***
- Lição 5: Definição do Escopo e Planejamento do Projeto;*
- Lição 6: Análise de Risco do Projeto;*
- Lição 7: Métricas Lean Manufacturing;*
- Lição 8: Métricas Seis Sigma;*



Módulo 2

DMAIC: Fase de Definição

- Lição 9: Benchmarking;*
- Lição 10: Definição de Metas para projetos LSS;*
- Lição 11: Equipe de projeto e a Comunicação;*
- Lição 12: SIPOC;*
- Lição 13: Mapeamento do Fluxo de Valor;*
- Lição 14: Dinâmica das Embarcações;*
- Lição 15: Contrato de Projetos (Project Charter);*
- Lição 16: Consolidando o Conhecimento.*



❖ Voz do Cliente (VOC)

A "Voz do Cliente" (**VOC**) é usada, no Lean Seis Sigma, para descrever as necessidades do cliente interno e externo e suas percepções sobre o produto ou serviço entregue a ele.

Em um projeto de melhoria, os dados da VOC ajudam a equipe a:

- Relacionar características críticas para o cliente às possíveis melhorias no processo;
- Identificar métricas (indicadores) ou parâmetros de processo para orientar o foco do projeto.



❖ **Voz do Cliente (VOC)**



Na etapa **Definir** do método DMAIC é importante identificar os principais clientes do projeto de modo a conhecer as principais **necessidades e expectativas** dos mesmos.

A Voz do Cliente será útil para definir as oportunidades de melhoria que poderão ser trabalhadas pelo Lean Seis Sigma e para identificar as métricas (indicadores) que darão direcionamento ao projeto.



❖ **Voz do Cliente (VOC)**

Existem dois tipos principais de clientes do projeto:

- Cientes internos (Voz do Negócio):** indivíduos ou áreas da empresa que recebem o produto ou serviço em estágio intermediário ou como um produto acabado. Geralmente conseguem avaliar características do processo.

- Cientes externos (Voz do Consumidor):** indivíduos ou organizações que consomem o produto ou serviço oferecido pela empresa. Geralmente conseguem avaliar características do produto ou serviço pelo qual pagaram.



❖ **Voz do Cliente (VOC)**

As informações dos clientes podem ser coletadas de duas maneiras, fontes reativas e fontes ativas.

- ❑ **Fontes Reativas:** A informação chega até você por meio de reclamações/ligações para suporte técnico/serviço ao cliente, relatórios de vendas e informações sobre devoluções de produtos e garantias;
- ❑ **Fontes Ativas:** É necessário se esforçar para obter as informações por meio de pesquisa escrita, entrevistas, grupos de foco e observações diretas.

Dica Voitto: Os clientes podem ser muito vagos sobre suas necessidades e às vezes sugerem soluções ao identificar os pontos de melhoria. Por este motivo é necessário traduzir a fala do cliente em características técnicas ou termos do negócio que serão úteis ao projeto.

❖ *Voz do Cliente (VOC)*



1. Identificar os clientes do projeto (clientes internos e externos).



2. Planejar a forma de coleta das informações (fontes ativas e reativas).



3. Analisar as informações coletadas, identificando as necessidades dos clientes.



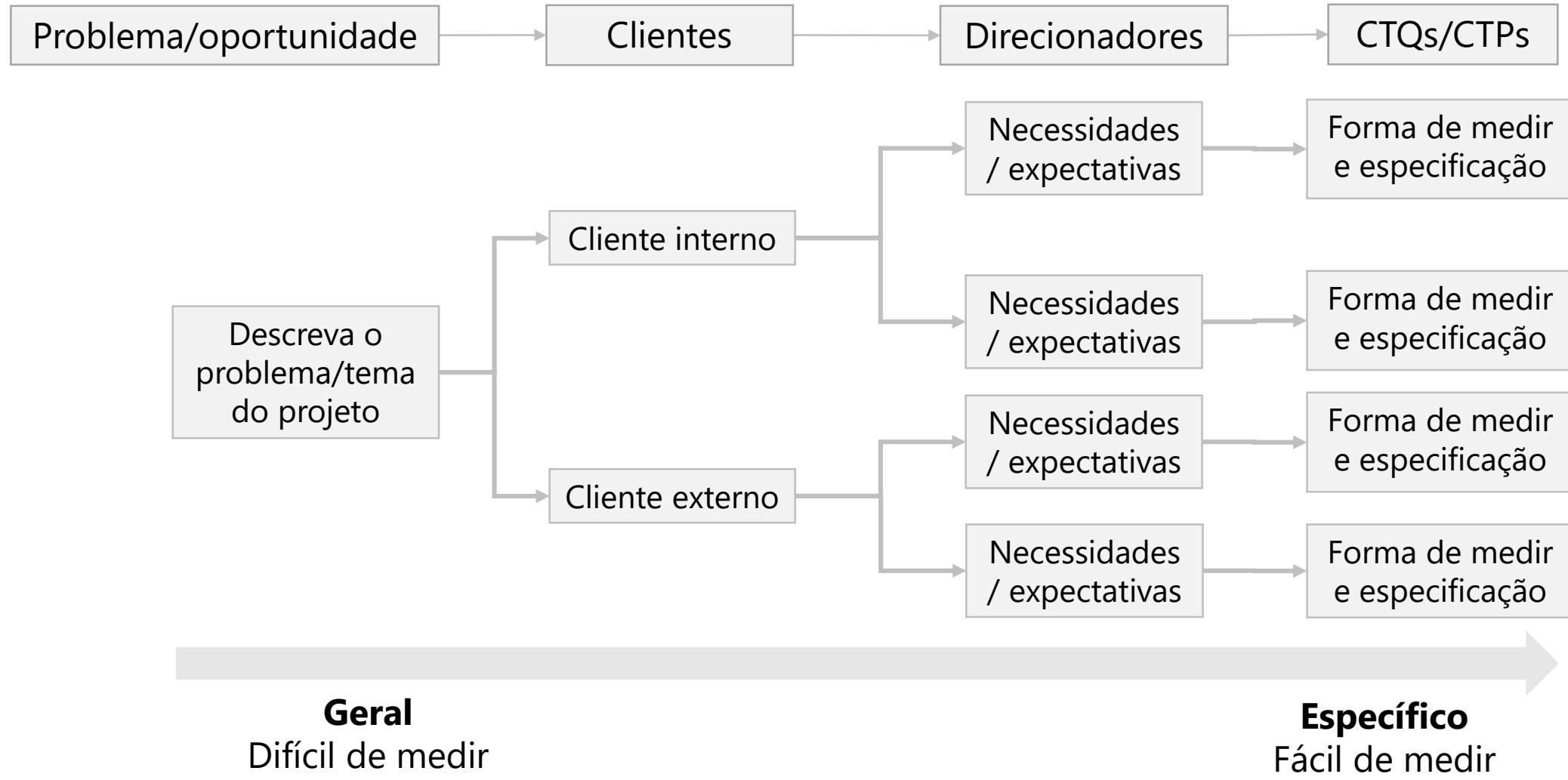
4. Traduzir a fala dos clientes em termos técnicos ou termos do negócio (criar CTQs e CTPs).



5. Estabelecer quais medidas podem direcionar o projeto.

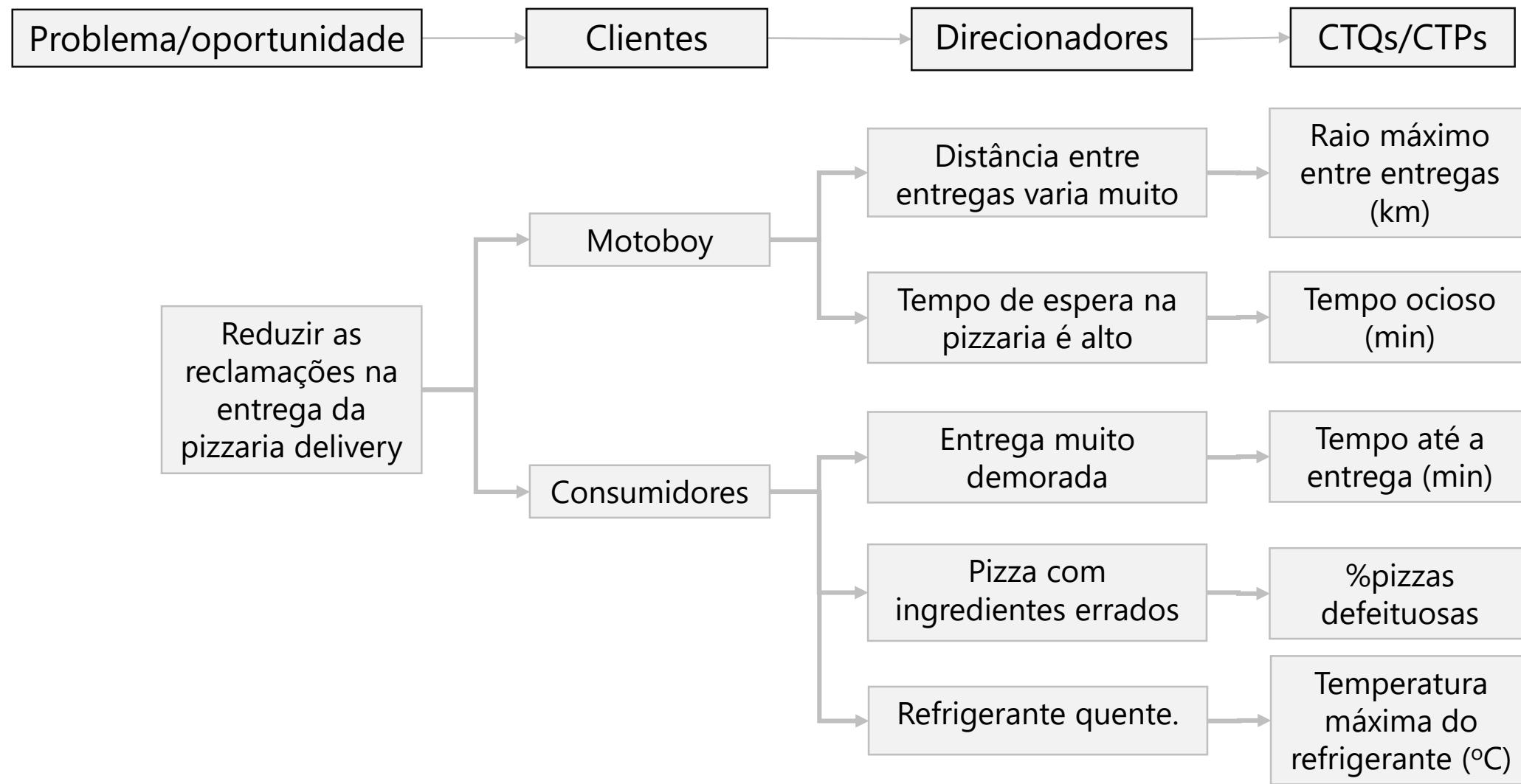


❖ Voz do Cliente (VOC)





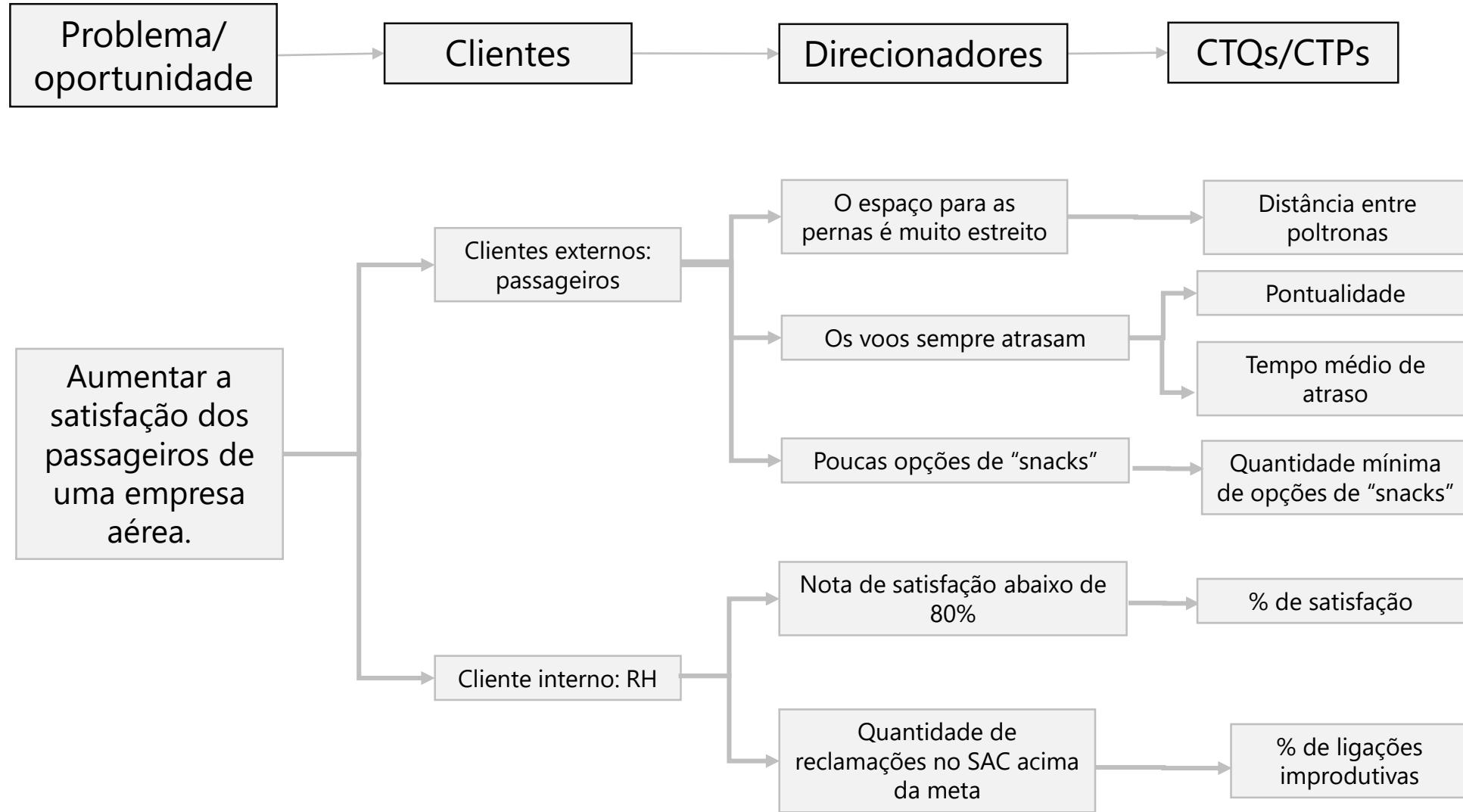
❖ Voz do Cliente (VOC)



❖ Tarefa Prática - Voz do Cliente (VOC)



❖ Tarefa Prática - Voz do Cliente (VOC)





Módulo 2

DMAIC: Fase de Definição

- Lição 1: Descrição da Fase Definição;*
- Lição 2: Identificando Projetos Lean Seis Sigma;*
- Lição 3: Mapas de Raciocínio;*
- Lição 4: Voz do Cliente (VOC);*
- Lição 5: Definição do Escopo e Planejamento do Projeto;***
- Lição 6: Análise de Risco do Projeto;*
- Lição 7: Métricas Lean Manufacturing;*
- Lição 8: Métricas Seis Sigma;*



Módulo 2

DMAIC: Fase de Definição

- Lição 9: Benchmarking;*
- Lição 10: Definição de Metas para projetos LSS;*
- Lição 11: Equipe de projeto e a Comunicação;*
- Lição 12: SIPOC;*
- Lição 13: Mapeamento do Fluxo de Valor;*
- Lição 14: Dinâmica das Embarcações;*
- Lição 15: Contrato de Projetos (Project Charter);*
- Lição 16: Consolidando o Conhecimento.*



❖ Escopo do Projeto

Antes de elaborar o contrato do projeto, deve ser definido claramente qual o escopo do projeto, ou seja, o que será realizado neste.

Fora

<elementos que
não farão parte do
projeto>

<podem envolver
fatores limitantes
ou barreiras>

Dentro

<elementos que farão parte do projeto>

<podem envolver fatores limitantes ou barreiras>

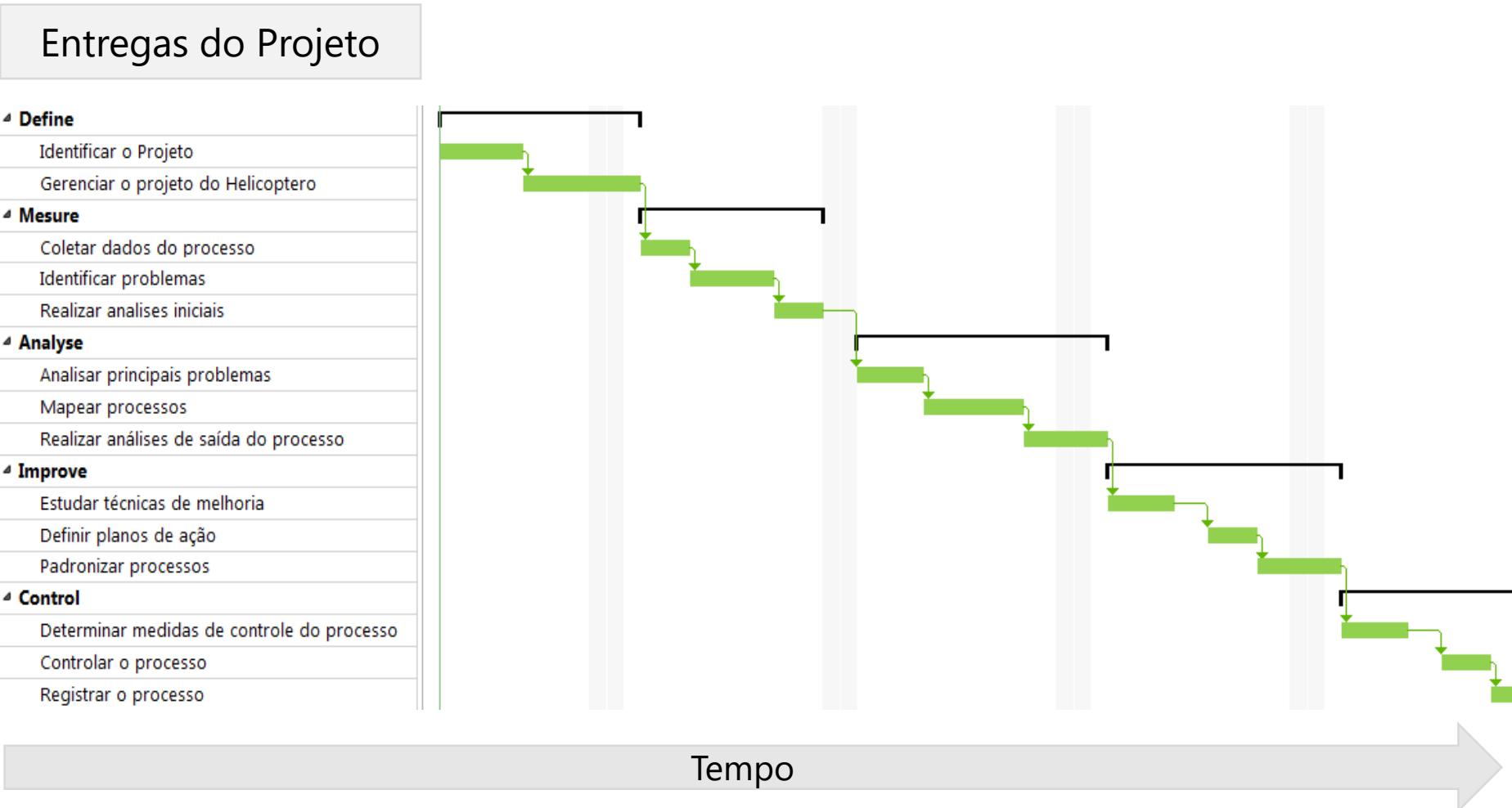
Fora

<elementos que
não farão parte do
projeto>

<podem envolver
fatores limitantes
ou barreiras>

Utilize amplamente esta ferramenta para melhor dimensionar o seu projeto Lean Seis Sigma

❖ *Cronograma/Gráfico de Gantt*





Módulo 2

DMAIC: Fase de Definição

- Lição 1: Descrição da Fase Definição;*
- Lição 2: Identificando Projetos Lean Seis Sigma;*
- Lição 3: Mapas de Raciocínio;*
- Lição 4: Voz do Cliente (VOC);*
- Lição 5: Definição do Escopo e Planejamento do Projeto;*
- Lição 6: Análise de Risco do Projeto;***
- Lição 7: Métricas Lean Manufacturing;*
- Lição 8: Métricas Seis Sigma;*



Módulo 2

DMAIC: Fase de Definição

- Lição 9: Benchmarking;*
- Lição 10: Definição de Metas para projetos LSS;*
- Lição 11: Equipe de projeto e a Comunicação;*
- Lição 12: SIPOC;*
- Lição 13: Mapeamento do Fluxo de Valor;*
- Lição 14: Dinâmica das Embarcações;*
- Lição 15: Contrato de Projetos (Project Charter);*
- Lição 16: Consolidando o Conhecimento.*



❖ Os riscos de um projeto

- Os riscos são sempre **incertezas de um projeto**. Devem ser identificados os riscos potenciais do projeto que podem afetar:
 - ❑ Objetivo do projeto;
 - ❑ Cronograma;
 - ❑ Recursos (pessoal e material);
 - ❑ Custos.
- As principais técnicas para identificação dos riscos são: brainstorming e análise de premissas.
- Uma outra técnica muito utilizada é a análise **SWOT**, onde são identificadas todas as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças que envolvem o projeto.

❖ *Planejar Respostas aos Riscos*



■ Ameaças

- Eliminar;
- Transferir;
- Mitigar;
- Aceitar.

■ Oportunidades

- Explorar;
- Compartilhar;
- Melhorar;
- Aceitar.

❖ ***Monitoramento e Controle dos Riscos***



- ❑ O processo de implementação do plano de resposta aos riscos e monitoramento dos mesmos é importante e deve ser feito durante todo o projeto.

- ❑ Nesse processo são feitas reavaliações dos riscos para identificar novos riscos e eliminar os que já estão desatualizados.



Módulo 2

DMAIC: Fase de Definição

- Lição 1: Descrição da Fase Definição;*
- Lição 2: Identificando Projetos Lean Seis Sigma;*
- Lição 3: Mapas de Raciocínio;*
- Lição 4: Voz do Cliente (VOC);*
- Lição 5: Definição do Escopo e Planejamento do Projeto;*
- Lição 6: Análise de Risco do Projeto;*
- Lição 7: Métricas Lean Manufacturing;***
- Lição 8: Métricas Seis Sigma;*



Módulo 2

DMAIC: Fase de Definição

- Lição 9: Benchmarking;*
- Lição 10: Definição de Metas para projetos LSS;*
- Lição 11: Equipe de projeto e a Comunicação;*
- Lição 12: SIPOC;*
- Lição 13: Mapeamento do Fluxo de Valor;*
- Lição 14: Dinâmica das Embarcações;*
- Lição 15: Contrato de Projetos (Project Charter);*
- Lição 16: Consolidando o Conhecimento.*

❖ *Métricas do Lean Manufacturing*



O **Lean Manufacturing** utiliza algumas medidas ou métricas para mensurar os resultados da organização e classifica-los em termos de velocidade, produtividade, eficiência. Essas métricas podem ser utilizadas como indicadores de iniciativas de melhoria e na verificação do alcance de metas em projetos Lean Seis Sigma.

As principais métricas do Lean Manufacturing que serão estudadas em nosso material são:

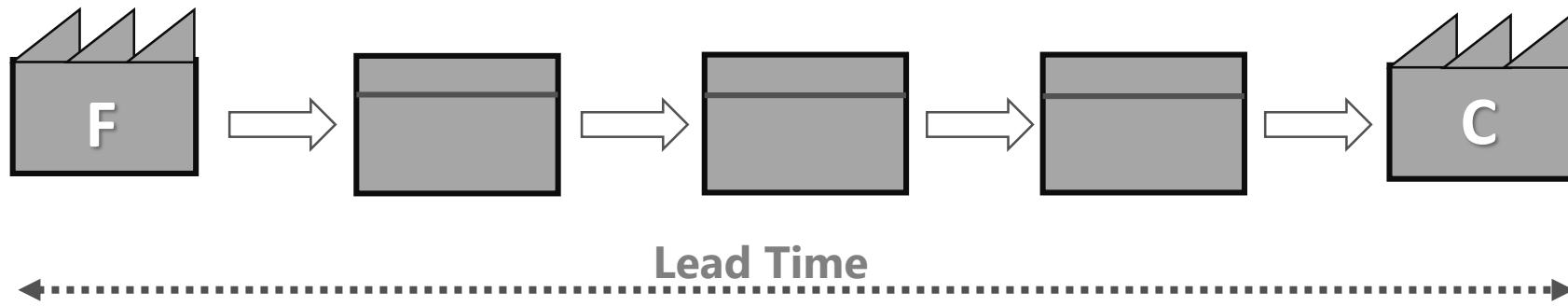
- Lead Time, Tempo de Ciclo e PCE – Eficiência do Ciclo do Processo
- Taxa de Saída e WIP – Trabalho em processo
- Tempo de Setup e Takt Time
- OEE – Overall Equipment Effectiveness
- FTT – First Time Through.

❖ ***Lead Time***



- ❑ Tempo necessário para um produto ou serviço percorrer todas as etapas do processo ou fluxo de valor, do início até o fim.

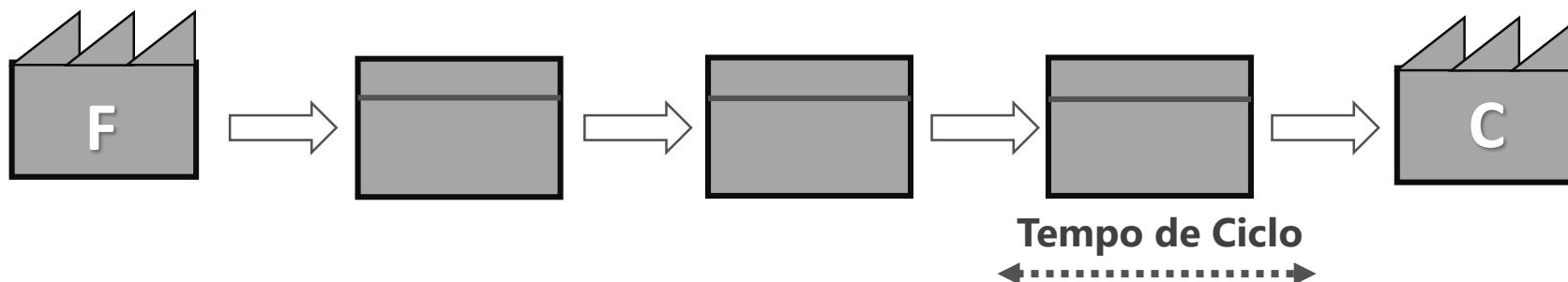
- ❑ **Exemplo:** o Lead Time de um processo de financiamento de um carro é o tempo transcorrido desde de que o cliente entra no banco e faz a solicitação de empréstimo, até o recebimento do carnê para pagamento das parcelas financiadas do carro e a liberação do carro adquirido para o cliente.





❖ *Tempo de Ciclo*

- ❑ Tempo com que um produto ou lote de produtos é finalizado em uma etapa do processo ou em um processo do fluxo de valor. O tempo de ciclo deve ser determinado por meio de observação e inclui, além do tempo de operação, tempo de espera, preparo, carregamento ou descarregamento de materiais, etc.
- ❑ **Exemplo:** uma etapa do processo na área de expedição leva-se 45 minutos para carregar e consolidar a carga no caminhão, 10 minutos para verificar se a carga está segura e 2 minutos para liberar o motorista. O tempo de ciclo é, portanto, 57 minutos.

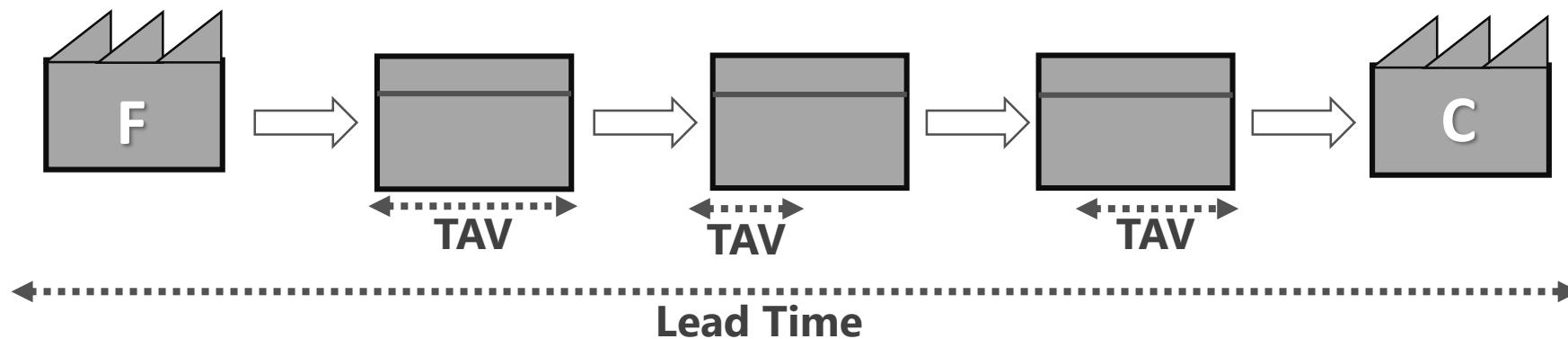




❖ PCE – Eficiência do Ciclo do Processo

- ❑ Indicador que mede a proporção entre o tempo de agregação de valor (TAV) e o Lead Time.
- ❑ **Exemplo:** em um fluxo de valor o Lead Time é de 48 horas e o tempo de agregação de valor soma 2,5 horas. O PCE é igual a 5,2%.

$$PCE = \frac{\text{Tempo de agregação de valor}}{\text{Lead Time}} = \frac{2,5 \text{ horas}}{48 \text{ horas}} = 0,052$$



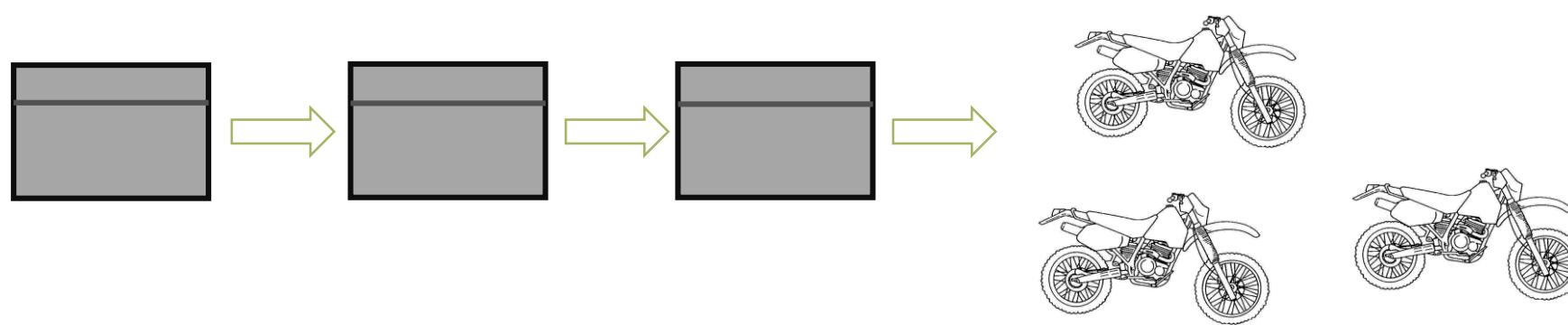


❖ Taxa de Saída

- ❑ Resultado de um processo em um período pré-definido, podendo ser entendido como o índice médio de conclusão de um processo.

$$Taxa\ de\ saída = \frac{qtd.\ produto}{tempo}$$

- ❑ **Exemplo:** uma fábrica de motos produziu 40 unidades em um turno de 8 horas, sendo a taxa de saída 5 unidades por hora.

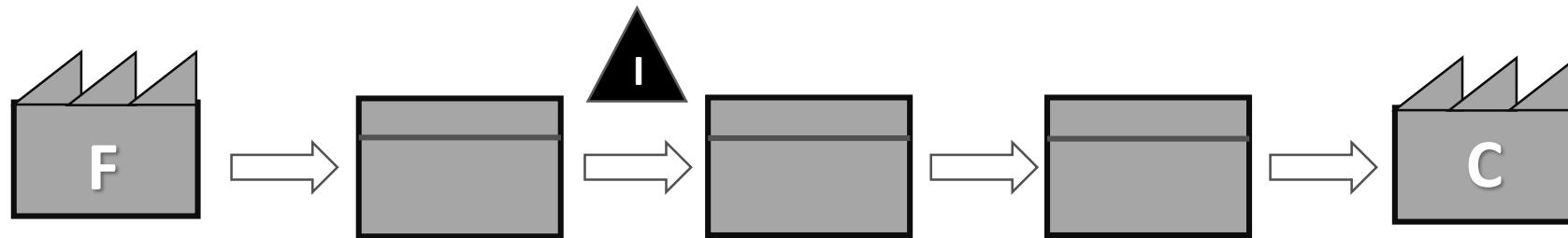




❖ WIP – Trabalho em processo / Inventário

- ❑ Itens que estão dentro dos limites do processo ou fluxo de valor, mas que ainda não foram liberados. Também pode ser entendido como estoque em processo que acaba resultando no aumento do lead time e de desperdícios.

- ❑ **Exemplo:** Notas Fiscais aguardando processamento na área de Contas a Pagar de uma empresa, tarugos de aço aguardando laminação, peças aguardando pintura, clientes esperando na fila do caixa.

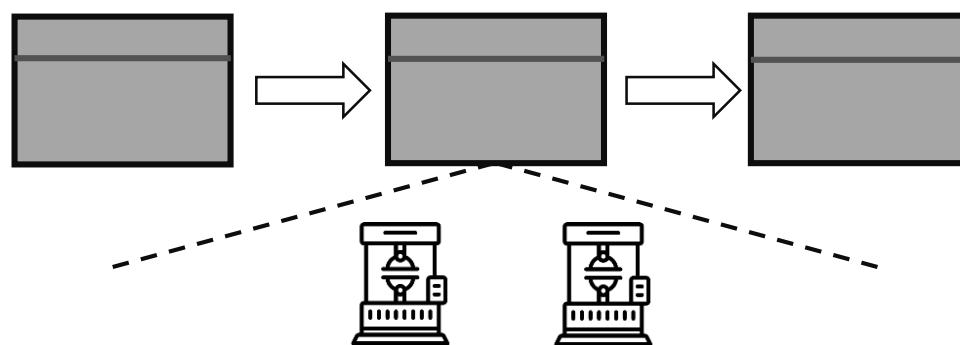




❖ *Tempo de Setup*

- ❑ Tempo para o ajuste do equipamento, permitindo a produção de outro tipo de produto. O tempo de setup, quando é necessário parar a produção, é o tempo entre a fabricação da última peça do ciclo que acabou de ser finalizado e a fabricação da primeira peça perfeita do novo ciclo que será iniciado.

- ❑ **Exemplo:** troca de molde em uma máquina de estamparia, troca de funcionário em uma P.A. (ilha de atendimento), limpeza e troca de tinta em um equipamento de pintura.





❖ **Takt Time**

- ❑ **Takt** (do alemão) se refere ao bastão que os maestros utilizam para marcar a velocidade, cadência e o sincronismo dos músicos em uma orquestra;
- ❑ O Lean Manufacturing utiliza o **Takt Time** para determinar o tempo no qual as peças devem ser produzidas para atender a demanda do cliente;

$$\text{TEMPO TAKT} = \frac{\text{Tempo Operacional Líquido / Período}}{\text{Necessidade do Cliente / Período}}$$





❖ *Takt Time*

Definido como a divisão entre o tempo operacional líquido em um período e a necessidade do cliente no mesmo período, podemos exemplificar o cálculo do Takt Time abaixo.

EXEMPLO:	
TURNO DE 9 HORAS	540 MINUTOS
ALMOÇO:	60 MINUTOS
CAFÉ – 2 INTERVALOS:	20 MINUTOS
PARADA PARA LIMPEZA:	4 MINUTOS
TEMPO OPERACIONAL LÍQUIDO / DIA:	27.360 SEGUNDOS
NECESSIDADE MENSAL (UND):	9.600
QUANTIDADE DE DIAS TRABALHADOS / MÊS:	20
NECESSIDADE / DIA:	480 UND

$$Takt\ Time = \frac{27.360}{480} = 57\ segundos/und$$

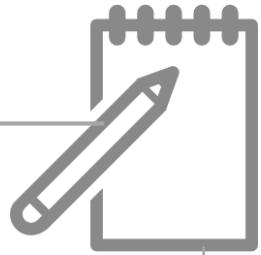
❖ **Tarefa Prática – Métricas Lean**



A **Voitto Manufatura SA** trabalha com dois turnos de produção, sendo que cada um possui 8 horas e 12 minutos. Durante cada turno, os funcionários fazem dois intervalos de 10 minutos e um equipamento sempre faz um setup com parada na produção de 32 minutos. A produção atualmente é de 65 unidades de produto acabado em cada turno. O departamento comercial indicou uma demanda de 790 unidades com prazo de 5 dias para entrega.

- Qual é a taxa de saída da linha de produção, considerando o tempo de um turno?
- Qual será o Takt Time necessário para atender a demanda de 790 unidades no prazo de 5 dias?
- O ritmo de produção deve ser maior ou menor que o atual?

❖ Tarefa Prática – Métricas Lean



- Taxa de saída = 65 unidades / 492 minutos = 0,13 unidades por minuto ou 7,8 unidades por hora.
- Takt Time = 264.000 segundos / 790 unidades = 334,17 segundos por unidade ou 5,6 minutos por unidade.
 - O ritmo será maior, já que no ritmo atual (65 unidades em 1 turno) uma unidade é produzida a cada 406,15 segundos e o takt time para a nova demanda deve ser 334 segundos (tempo menor para produzir cada unidade).



❖ *Eficácia Global do Equipamento – OEE*

O OEE mede o grau de eficácia no uso de um equipamento. Reflete as principais perdas relacionadas com o equipamento e quantifica quanto eficaz é o equipamento na agregação de valor ao produto obtido num processo produtivo. O cálculo do OEE é feito em três partes:

- ❑ **DISPONIBILIDADE** = $(\text{tempo total} - \text{paradas planejadas}) - \text{paradas não planejadas} / (\text{tempo total} - \text{paradas planejadas})$
- ❑ **DESEMPENHO** = $\text{quantidade produzida em um período} / \text{capacidade de produção do equipamento no período}$
- ❑ **QUALIDADE** = $(\text{quantidade total produzida} - \text{produto não conforme}) / \text{quantidade total produzida}$

❖ **Tarefa Prática – Métricas Lean**

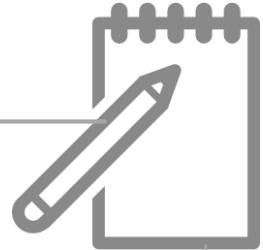


A **Gráfica Voitto** está aberta toda semana, de segunda a sexta, de 08:00 às 20:00. Todos os dias a troca de turno ocorre às 14:00 horas, sem que a produção seja interrompida. Os funcionários da manhã e da tarde fazem uma parada de 15 minutos para o lanche (parada planejada) e, neste momento, não são feitas impressões. Todos os dias 55 minutos são dedicados à manutenção preventiva das máquinas (parada planejada), um tempo que deve ser retirado do cálculo de tempo disponível para produção.

As máquinas da Gráfica Voitto possuem uma capacidade de produção de 39.600 páginas por dia e historicamente uma média de 3,5% de impressões são descartadas ou reprovadas todo dia.

Qual seria o OEE em um dia que 25.800 impressões foram feitas, considerando que 3,5% das impressões foram reprovadas e que uma manutenção corretiva de 25 minutos teve que ser realizada nos equipamentos?

❖ Tarefa Prática – Métricas Lean



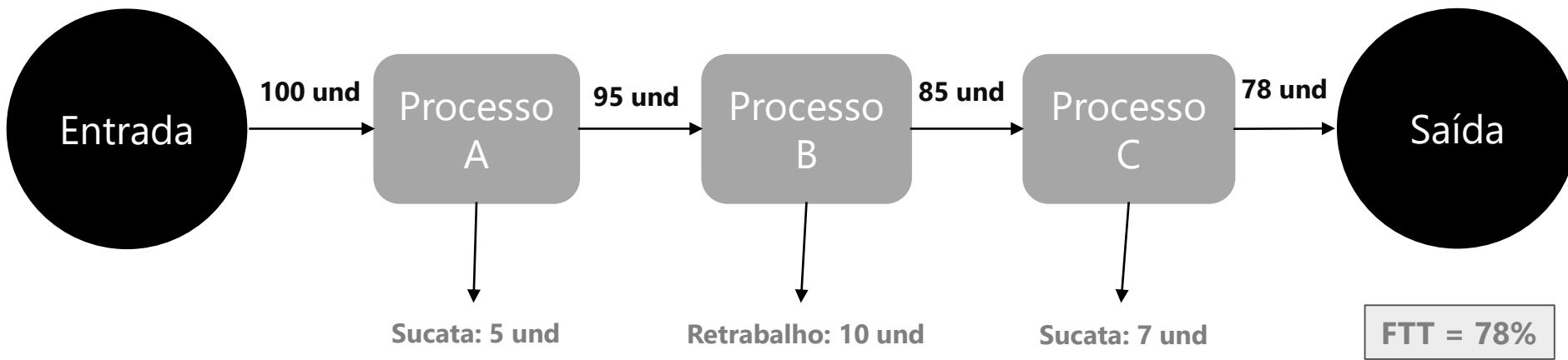
- Taxa de disponibilidade = $(720\text{min} - 30\text{min} - 55\text{min}) / 635\text{min} = 610 / 635 = 96,06\%$
 - Taxa de desempenho = $25.800 / 39.600$ páginas por dia = $65,15\%$
 - Taxa de qualidade = $100\% - 3,5\% = 96,5\%$
 - OEE = $0,9606 * 0,6515 * 0,965 = 60,39\%$



❖ First Time Through – FTT

Mede a percentagem de unidades que passam pelo processo de produção, sem ocorrer sucateamento, reprocessamento, retorno às etapas anteriores ou desvios para área de reparo. **FTT** também se aplica aos processos relacionados aos serviços da organização (áreas administrativas).

$$FTT = \frac{\text{unidades na entrada do processo} - (\text{sucata} + \text{reprocesso} + \text{reparos})}{\text{unidades na entrada do processo}}$$

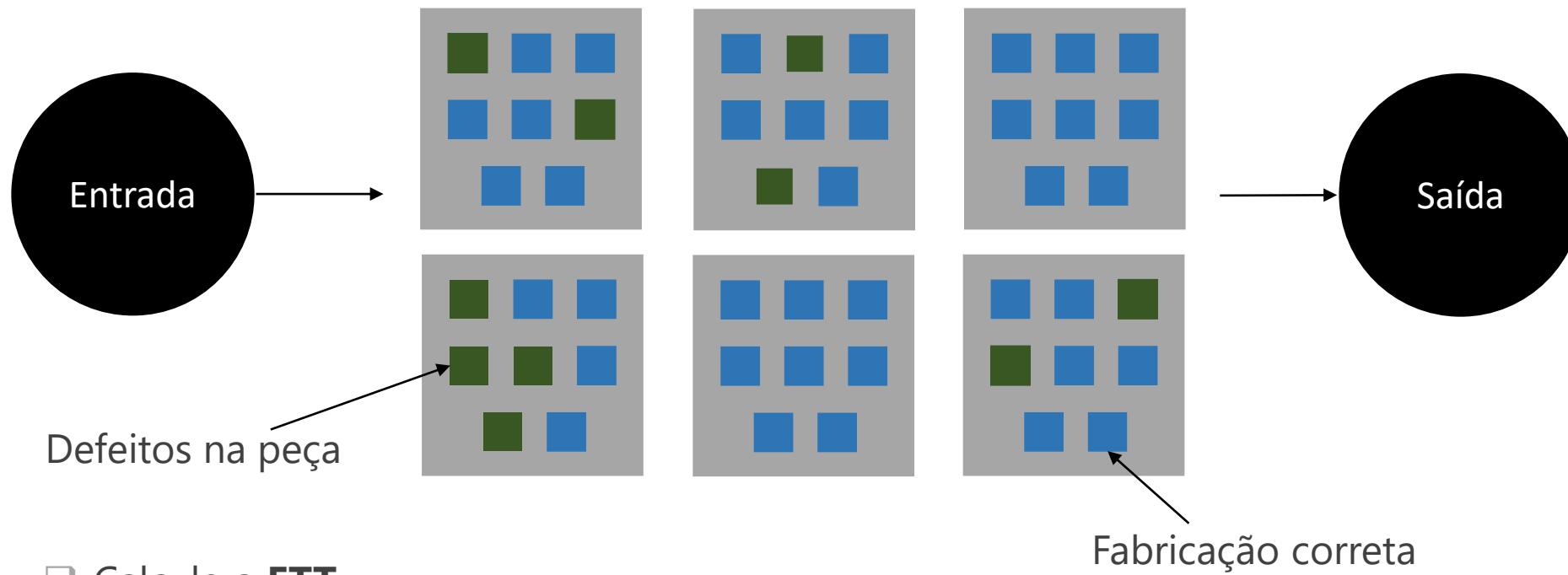


❖ *First Time Through – FTT*



- O **FTT** mede o quanto bem a organização cria um produto ou serviço conforme, medindo a quantidade de unidades defeituosas e não os defeitos em cada unidade.

❖ Tarefa Prática – FTT e RTY



Calcule o **FTT**.

$$- \quad \text{FTT} = 2/6 = 33\%$$



Módulo 2

DMAIC: Fase de Definição

- Lição 1: Descrição da Fase Definição;*
- Lição 2: Identificando Projetos Lean Seis Sigma;*
- Lição 3: Mapas de Raciocínio;*
- Lição 4: Voz do Cliente (VOC);*
- Lição 5: Definição do Escopo e Planejamento do Projeto;*
- Lição 6: Análise de Risco do Projeto;*
- Lição 7: Métricas Lean Manufacturing;*
- Lição 8: Métricas Seis Sigma;***



Módulo 2

DMAIC: Fase de Definição

- Lição 9: Benchmarking;*
- Lição 10: Definição de Metas para projetos LSS;*
- Lição 11: Equipe de projeto e a Comunicação;*
- Lição 12: SIPOC;*
- Lição 13: Mapeamento do Fluxo de Valor;*
- Lição 14: Dinâmica das Embarcações;*
- Lição 15: Contrato de Projetos (Project Charter);*
- Lição 16: Consolidando o Conhecimento.*



❖ *Métricas Seis Sigma*

- ❑ Traduzem de forma clara a capacidade de se manter dentro das especificações seja de um produto, de um processo ou da própria empresa.

- ❑ Estas métricas também podem ser utilizadas como metas a serem atingidas, e pode-se comparar os valores do início e do final do projeto Seis Sigma para avaliação do desempenho do projeto que foi realizado.





❖ Métricas Seis Sigma

- ❑ **Unidade de Produto:** Um item que está sendo processado ou um produto/serviço final;
- ❑ **Defeitos:** Falhas contáveis associadas a uma única unidade;
- ❑ **Defeituosos:** Total de unidades com defeito, independente da quantidade de defeitos/unidade;
- ❑ **Oportunidade de Defeito:** Cada especificação para satisfazer o cliente.

Observação: Uma unidade defeituosa pode possuir mais de um defeito.

Principais Métricas:

- ❑ DPU: Defeitos por unidade;
- ❑ DPO: Defeitos por oportunidade;
- ❑ DPMO: Defeitos por milhão de oportunidades;
- ❑ Nível Sigma.



❖ *Exemplo Resolvido – Métricas*

Uma indústria cervejeira produz cervejas do tipo Pilsen, que é um produto com sabor mais leve, de cor clara e baixo teor alcoólico (3 a 5%). É o tipo de cerveja mais consumido no Brasil devido às características climáticas do país.

O Engenheiro de Alimentos, Black Belt da Indústria, foi avaliar o processo de produção e realizou uma amostragem com 40.000 garrafas, sendo que 900 garrafas apresentaram 1.500 defeitos de pelo menos um dos parâmetros de qualidade.

O produto é testado em três testes de qualidade: índice de clarificação, teor alcoólico e índice de acidez.



❖ Exemplo Resolvido – Métricas

O Black Belt pediu para que um dos Green Belts realizasse o cálculo de: defeitos por unidade, defeitos por oportunidade e defeitos por milhão de oportunidades.

Descrição da Característica	DPU	DPO	DPMO	Nível Sigma
Refugo de Peças	0,0375	0,0125	12.500	> 3,0

$$\mathbf{DPU} = \frac{\text{nº Defeitos}}{\text{nº Unidade}} = \frac{1.500}{40.000}$$

$$\mathbf{DPO} = \frac{\text{nº Defeitos}}{\text{nº Oportunidades} \times \text{nº Unidades}} = \frac{1.500}{3 \times 40.000}$$

Tabela 1: Significado da Escala Sigma

$$\mathbf{DPMO} = \mathbf{DPO} \times 1 \text{ milhão} = 12.500$$

Taxa de Acerto	Taxa de Erro	Defeitos por Milhão de Oportunidades (DPMO)	Escala Sigma
30,9%	69,1%	691.462	1,0
69,1%	30,9%	308.538	2,0
93,3%	6,7%	66.807	3,0
99,38%	0,62%	6.210	4,0
99,977%	0,023%	233	5,0
99,99966%	0,00034%	3,4	6,0

❖ *Tarefa Prática – Métricas*



Uma indústria metalúrgica produz Ligas Al-Si 300. Essas ligas de alumínio apresentam elevada resistência à corrosão, boa soldabilidade, mas são de difícil usinagem. Com a adição de cobre à essas ligas melhoraram a usinabilidade e aumentam a resistência mecânica.

Um dos engenheiros mecânicos, Black Belt da Indústria, foi avaliar o processo de produção e realizou uma amostragem com 2.000 peças, sendo que 70 peças apresentaram 100 defeitos de algum tipo.

As peças estão sujeitas a cinco tipos de falhas devido a difícil usinabilidade: trinca, torção, desgaste, dilatação e quebra.

❖ Tarefa Prática – Métricas



O Black Belt pediu para que você, um dos Green Belts do projeto, realizasse o cálculo de: Defeitos por unidade, defeitos por oportunidade e defeitos por milhão de oportunidades e nível sigma.

Descrição da Característica	DPU	DPO	DPMO	Nível Sigma
Refugo de Peças	0,05	0,01	10.000	> 3,0

$$\mathbf{DPU} = \frac{\text{nº Defeitos}}{\text{nº Unidade}} = \frac{100}{2.000}$$

$$\mathbf{DPO} = \frac{\text{nº Defeitos}}{\text{nº Oportunidades} \times \text{nº Unidades}} = \frac{100}{5 \times 2.000}$$

Tabela 1: Significado da Escala Sigma

$$\mathbf{DPMO} = \mathbf{DPO} \times 1 \text{ milhão} = 10.000$$

Taxa de Acerto	Taxa de Erro	Defeitos por Milhão de Oportunidades (DPMO)	Escala Sigma
30,9%	69,1%	691.462	1,0
69,1%	30,9%	308.538	2,0
93,3%	6,7%	66.807	3,0
99,38%	0,62%	6.210	4,0
99,977%	0,023%	233	5,0
99,99966%	0,00034%	3,4	6,0



Módulo 2

DMAIC: Fase de Definição

- Lição 1: Descrição da Fase Definição;*
- Lição 2: Identificando Projetos Lean Seis Sigma;*
- Lição 3: Mapas de Raciocínio;*
- Lição 4: Voz do Cliente (VOC);*
- Lição 5: Definição do Escopo e Planejamento do Projeto;*
- Lição 6: Análise de Risco do Projeto;*
- Lição 7: Métricas Lean Manufacturing;*
- Lição 8: Métricas Seis Sigma;*



Módulo 2

DMAIC: Fase de Definição

- Lição 9: Benchmarking;***
- Lição 10: Definição de Metas para projetos LSS;***
- Lição 11: Equipe de projeto e a Comunicação;***
- Lição 12: SIPOC;***
- Lição 13: Mapeamento do Fluxo de Valor;***
- Lição 14: Dinâmica das Embarcações;***
- Lição 15: Contrato de Projetos (Project Charter);***
- Lição 16: Consolidando o Conhecimento.***

❖ **Benchmarking**



- ❑ É um recurso muito utilizado no meio corporativo para observar as lacunas de performance de diversas áreas da empresa e definir metas de melhoria de resultados;
- ❑ **No Lean Seis Sigma** podemos utilizar o benchmarking na etapa de Definição do método DMAIC para ajudar a **definir o tema do projeto e a meta** de acordo com a lacuna de performance;
- ❑ Ele é utilizado tanto internamente quanto externamente, ou seja, comparando o desempenho dos concorrentes.

❖ *Benchmarking*



Competitivo



Colaborativo



Interno

- Realizado entre empresas que **disputam o mesmo mercado**, geralmente concorrentes diretos. É o tipo **mais difícil de ser praticado**.
 - Foca em medir funções, métodos e características básicas de produção em relação aos seus concorrentes diretos.
-
- Realizado por um grupo de **instituições estudando um determinado objeto**, que pode ser um processo, produto ou serviço, para compartilhar conhecimentos e resolver problemas em comum.
 - Geralmente realizado entre **empresas não concorrentes**. Baseia-se no princípio que as melhores práticas não se encontram no próprio setor.
-
- Compara **informações de uma mesma organização**, pode ser entre departamentos ou entre unidades de negócio. Bastante comum e acessível, porém limitado as referências e padrões do grupo ou empresa.



Módulo 2

DMAIC: Fase de Definição

- Lição 1: Descrição da Fase Definição;*
- Lição 2: Identificando Projetos Lean Seis Sigma;*
- Lição 3: Mapas de Raciocínio;*
- Lição 4: Voz do Cliente (VOC);*
- Lição 5: Definição do Escopo e Planejamento do Projeto;*
- Lição 6: Análise de Risco do Projeto;*
- Lição 7: Métricas Lean Manufacturing;*
- Lição 8: Métricas Seis Sigma;*



Módulo 2

DMAIC: Fase de Definição

- Lição 9: Benchmarking;*
- Lição 10: Definição de Metas para projetos LSS;***
- Lição 11: Equipe de projeto e a Comunicação;*
- Lição 12: SIPOC;*
- Lição 13: Mapeamento do Fluxo de Valor;*
- Lição 14: Dinâmica das Embarcações;*
- Lição 15: Contrato de Projetos (Project Charter);*
- Lição 16: Consolidando o Conhecimento.*



❖ Definição de Meta

Sobre a definição de metas, podemos usar como referência os ensinamentos do Prof. Vicente Falconi, que diz:

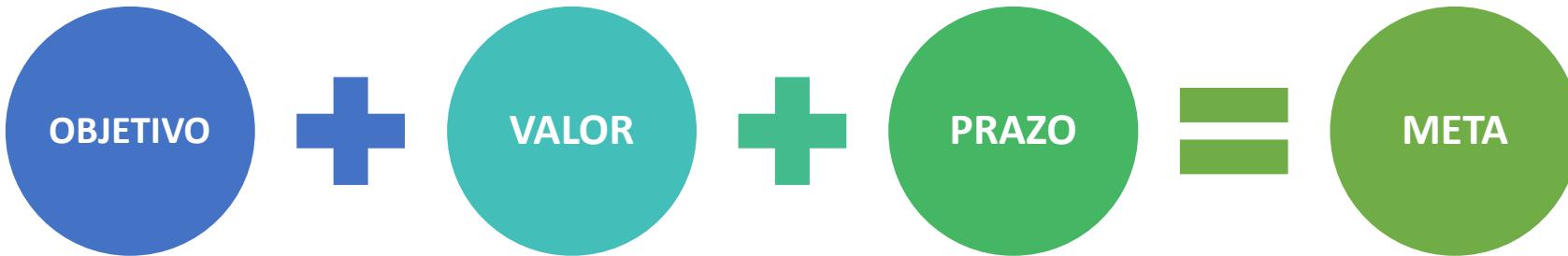
- ❑ Todos os Diretores, Gerentes e Supervisores devem ser treinados para determinar, em suas respectivas áreas de trabalho, as suas lacunas de performance.
- ❑ Estas lacunas correspondem à diferença entre o valor atual de um indicador e um valor ideal. Este valor ideal pode ser o melhor valor encontrado em outras empresas, pode ser um número ideal como “zero atraso”, “zero defeito”, ou “zero perda”, pode ser um desvio padrão bom para certa variável.
- ❑ **A meta é estabelecida dentro da lacuna. Podemos estabelecer como meta anual no mínimo 50% da lacuna.**



❖ Definição de Meta

Nos projetos Lean Seis Sigma, toda meta deve ser escrita com OBJETIVO, VALOR e PRAZO.

- Reduzir a quantidade de sucata gerada para 25kg/ton, até dezembro de 2016.
- Reduzir o turnover de 9,5% para 4,8% em 6 meses.



❖ **Tarefa Prática – Definição de Meta**



A empresa **Metalúrgica Voitto** produz lâminas de aço para a indústria automobilística. Os resultados do indicador de geração de sucata estão, em média, 45kg/ton de produto final. Recentemente a empresa comprou informações de mercado e percebeu que o concorrente considerado um benchmarking trabalha com o mesmo indicador em torno de 15kg/ton.

Qual deve ser a meta para um projeto Lean Seis Sigma de redução da sucata gerada na Metalúrgica Voitto?

Performance atual: 45 kg/ton

Benchmarking: 15 kg/ton

50% da lacuna de performance: 15 kg/ton

Reducir a geração de sucata de uma média de 45 kg/ton para 30 kg/ton, em um período de 4 meses.

❖ *Tarefa Prática – Definição de Meta*



A **Voitto Connect** é uma grande empresa de *outsourcing*, com mais de 7 mil funcionários em cinco cidades do Sudeste. Um levantamento anual indicou que o turnover da empresa é de 9,5% e cada ponto percentual representa um custo de R\$ 120.000,00. Recentemente a Voitto Connect contratou um Diretor com anos de experiência no segmento de Telefonia, que definiu como benchmarking um turnover anual de 2,5%. **Qual deve ser a meta para um projeto Lean Seis Sigma de redução do índice de turnover? Qual seria o ganho financeiro do projeto baseado na meta estipulada?**

- Performance atual: 9,5%
- Benchmarking: 2,5%
- 50% da lacuna de performance: 3,5%
- Reduzir o turnover anual da empresa de 9,5% para 6% em um período de 12 meses.
- Ganho financeiro = 3,5 p.p. * R\$ 120.000,00 = R\$ 420.000,00



Módulo 2

DMAIC: Fase de Definição

- Lição 1: Descrição da Fase Definição;*
- Lição 2: Identificando Projetos Lean Seis Sigma;*
- Lição 3: Mapas de Raciocínio;*
- Lição 4: Voz do Cliente (VOC);*
- Lição 5: Definição do Escopo e Planejamento do Projeto;*
- Lição 6: Análise de Risco do Projeto;*
- Lição 7: Métricas Lean Manufacturing;*
- Lição 8: Métricas Seis Sigma;*



Módulo 2

DMAIC: Fase de Definição

- Lição 9: Benchmarking;*
- Lição 10: Definição de Metas para projetos LSS;*
- Lição 11: Equipe de projeto e a Comunicação;***
- Lição 12: SIPOC;*
- Lição 13: Mapeamento do Fluxo de Valor;*
- Lição 14: Dinâmica das Embarcações;*
- Lição 15: Contrato de Projetos (Project Charter);*
- Lição 16: Consolidando o Conhecimento.*



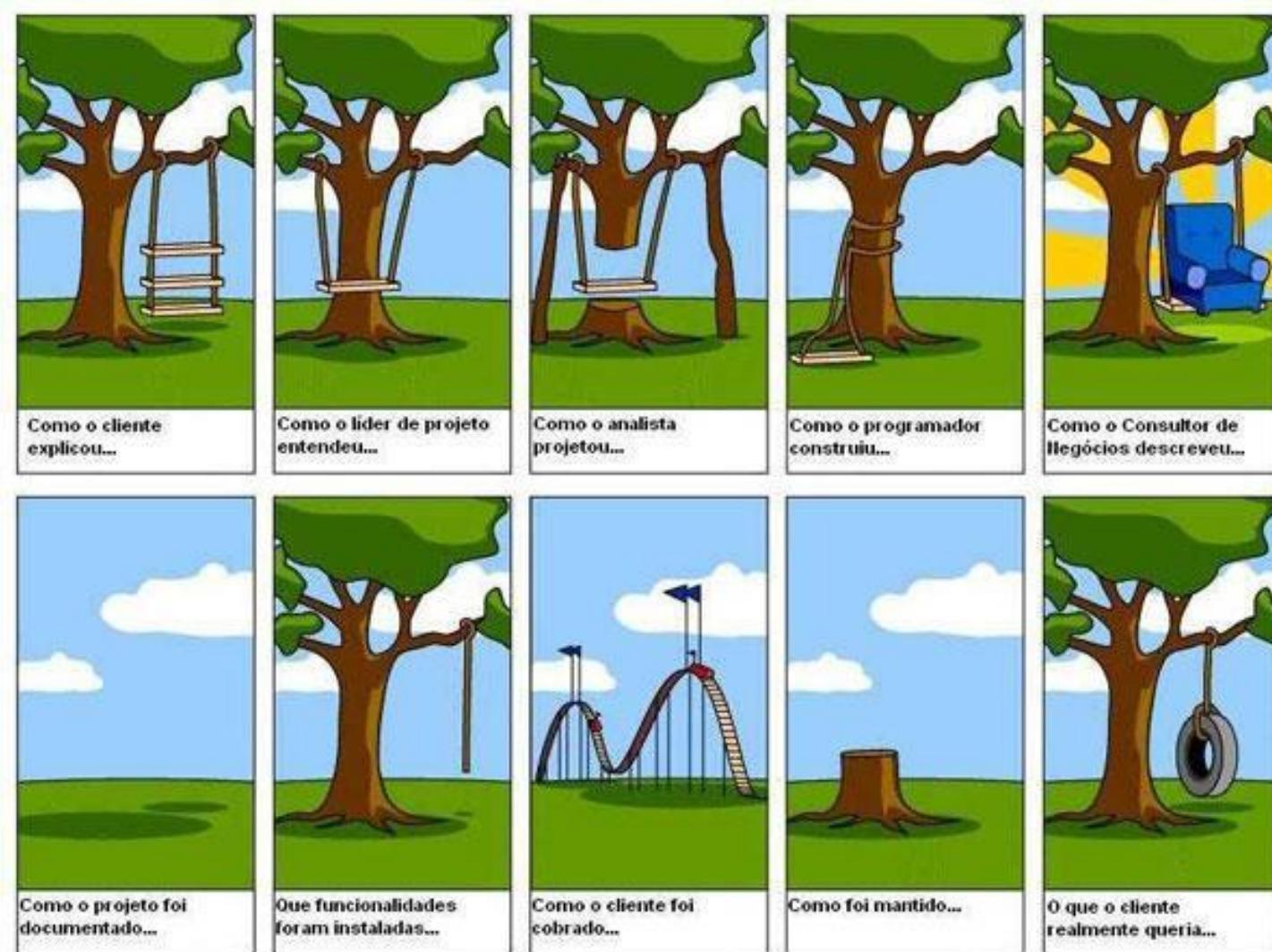
❖ *Equipe de projeto e a Comunicação*

Um ponto muito importante no início do projeto Lean Seis Sigma é a escolha da equipe. Normalmente, uma equipe será formada por 4 a 6 colaboradores e o líder do projeto (Green Belt ou Black Belt) define claramente o papel de cada membro da equipe.

Um dos **principais motivos de fracasso em projetos** é a falha na comunicação dentro do mesmo, por isso a forma com que os integrantes vão se comunicar deve ser planejada e estabelecida.



❖ Falhas na Comunicação





Módulo 2

DMAIC: Fase de Definição

- Lição 1: Descrição da Fase Definição;*
- Lição 2: Identificando Projetos Lean Seis Sigma;*
- Lição 3: Mapas de Raciocínio;*
- Lição 4: Voz do Cliente (VOC);*
- Lição 5: Definição do Escopo e Planejamento do Projeto;*
- Lição 6: Análise de Risco do Projeto;*
- Lição 7: Métricas Lean Manufacturing;*
- Lição 8: Métricas Seis Sigma;*

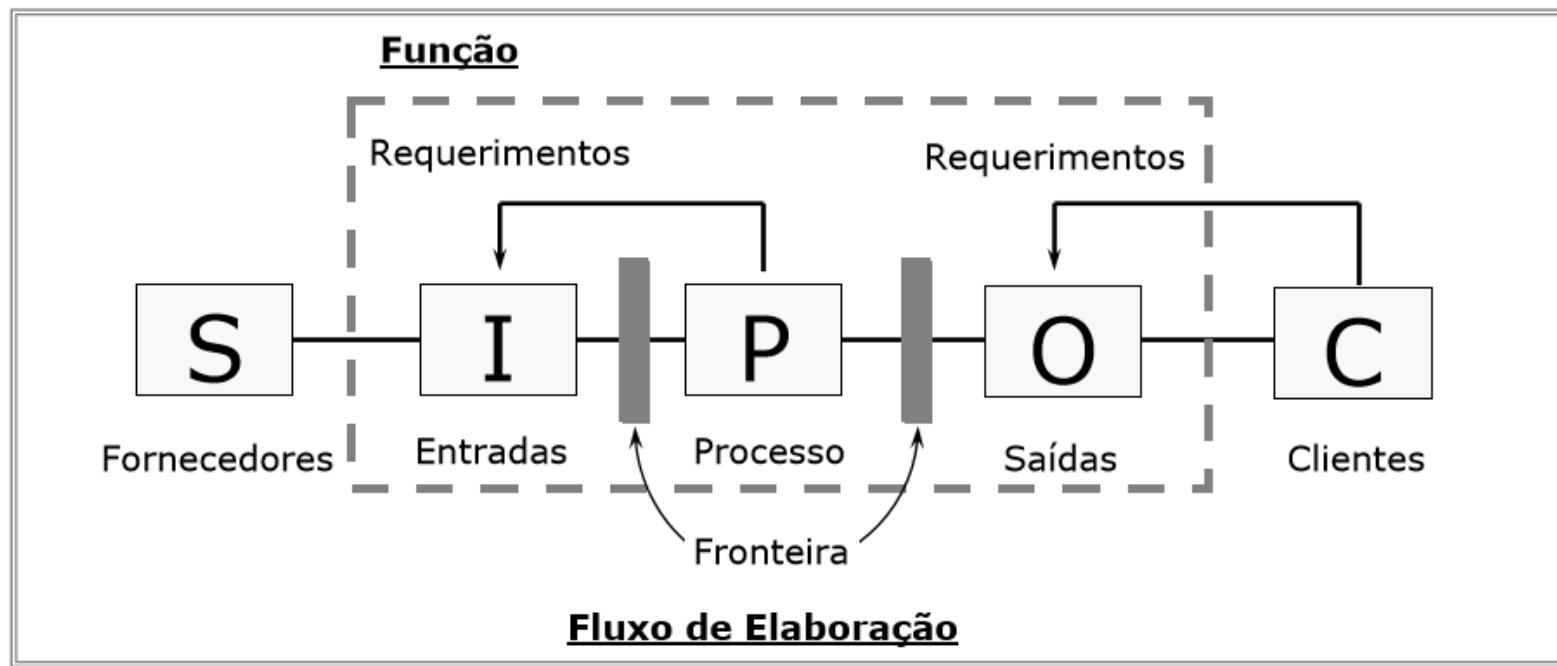


Módulo 2

DMAIC: Fase de Definição

- Lição 9: Benchmarking;*
- Lição 10: Definição de Metas para projetos LSS;*
- Lição 11: Equipe de projeto e a Comunicação;*
- Lição 12: SIPOC;***
- Lição 13: Mapeamento do Fluxo de Valor;*
- Lição 14: Dinâmica das Embarcações;*
- Lição 15: Contrato de Projetos (Project Charter);*
- Lição 16: Consolidando o Conhecimento.*

O **SIPOC** é um diagrama que tem como finalidade definir o principal processo envolvido no projeto de forma macro e, consequentemente, facilitar a visualização do escopo do trabalho.





Suppliers (Fornecedores): quem fornece os recursos para o processo.

Inputs: (Entradas): recursos/informação que afetam o processo, ou seja, a realização da atividade.

Process (Etapas do Processo): principais atividades de um processo específico.

Outputs (Saídas): entregas(resultado de cada etapa do processo.

Clients (Clientes): quem recebe a saída de cada etapa do processo.



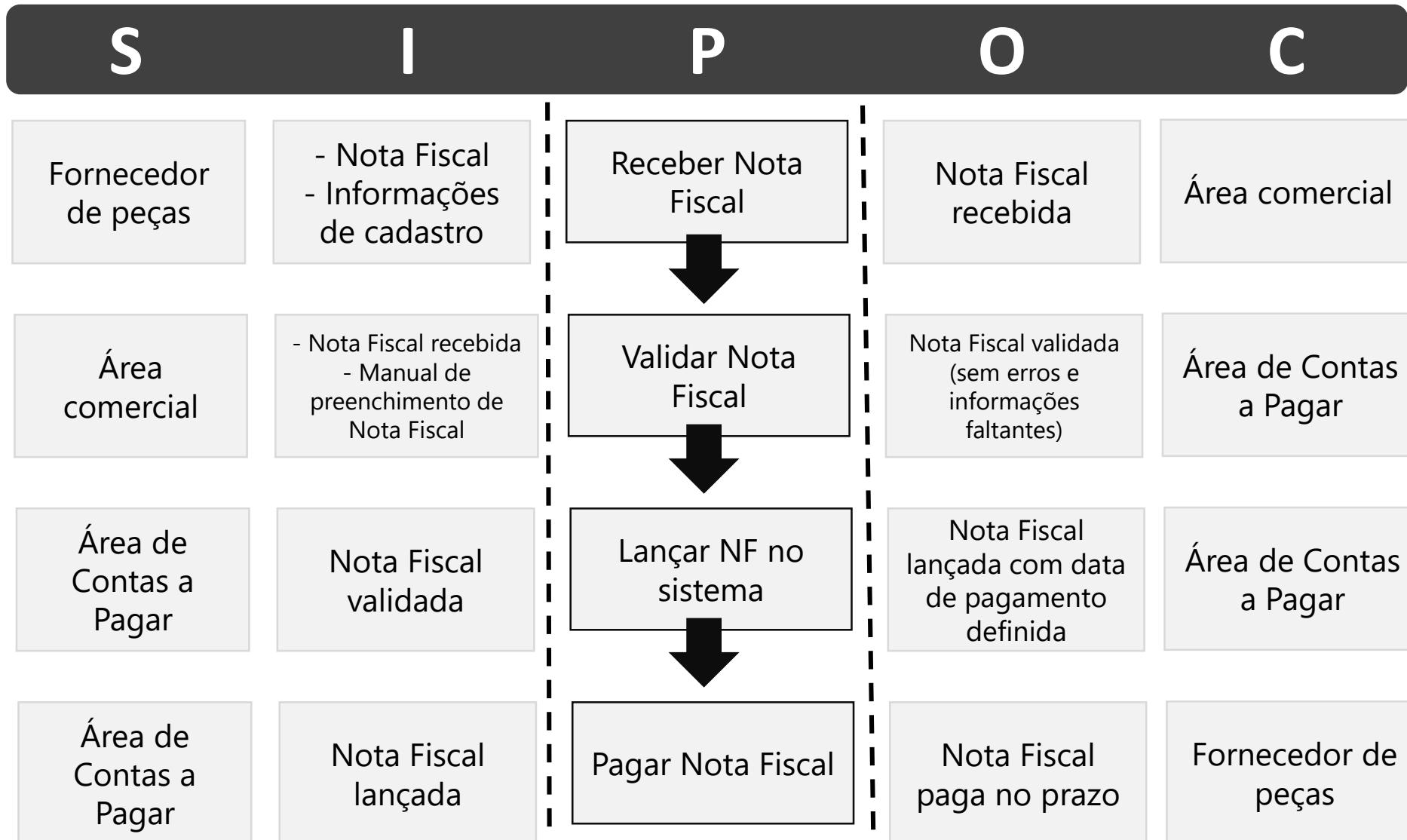
❖ *Exemplo SIPOC*

A empresa **Tech Tudo** é uma empresa de manufatura de impressoras que está conduzindo um projeto Lean Seis Sigma Green Belt para otimizar o processo de pagamento de Notas Fiscais aos fornecedores na área de Contas a Pagar.

Atualmente o percentual de Notas Fiscais pagas com um atraso acima de 15 dias é de cerca de 75%. O primeiro passo do Green Belt, líder do projeto, foi desenhar um SIPOC para compreender melhor o processo gerador do problema e o escopo do projeto.



❖ Exemplo SIPOC





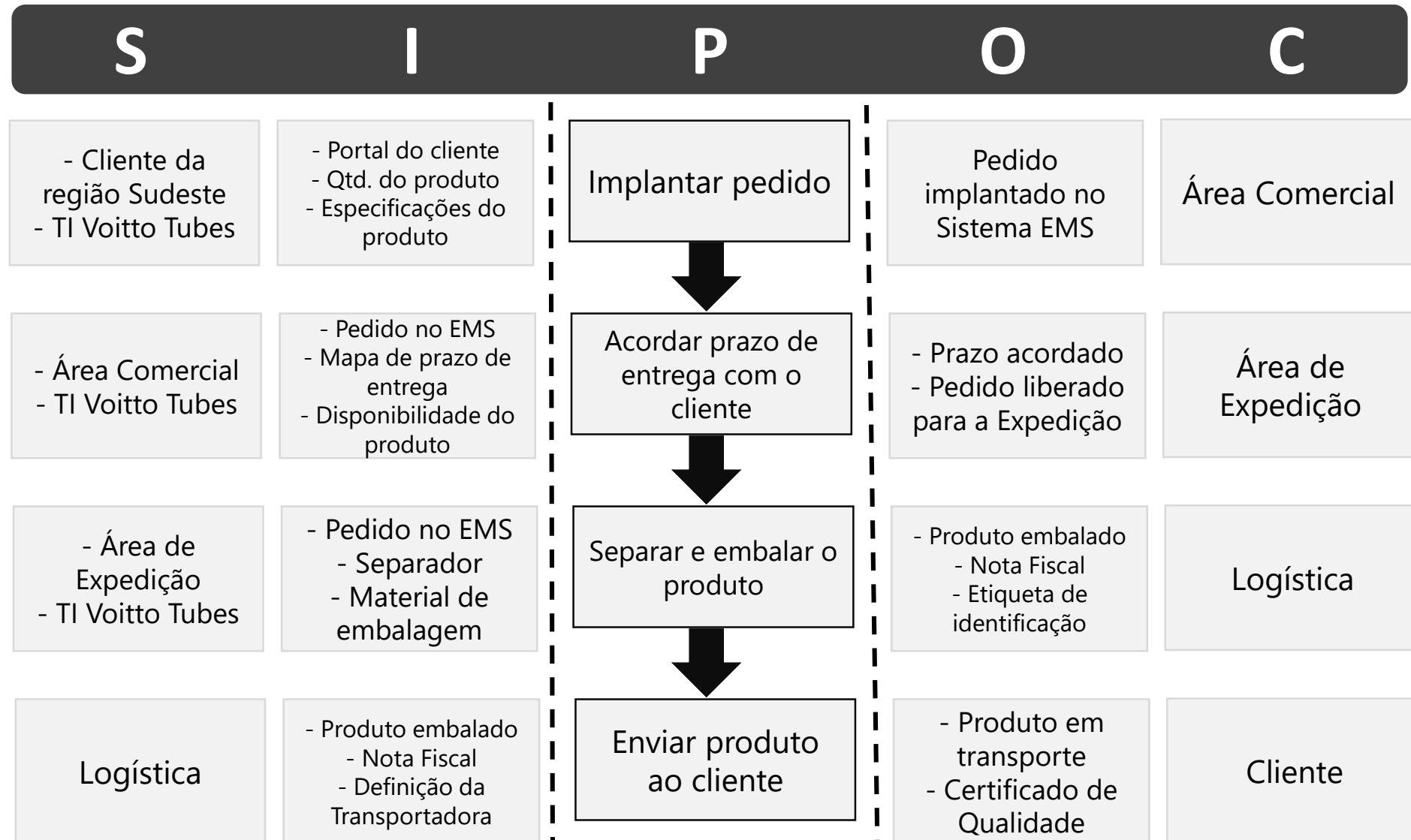
❖ *Exemplo SIPOC*

A empresa **Voitto Tubes** implantou o Programa Lean Seis Sigma recentemente e está formando sua primeira turma de Green Belts. Um dos projetos em andamento é o de Melhoria do IPE (Índice de Prazo de Entrega) de tubos e escapamentos aos clientes da região Sudeste. O índice atual para entregas completas no prazo é de 58% e a empresa tem como valor de benchmarking um índice de 95%.

Para compreender melhor o processo envolvido e definir o escopo com maior precisão o Green Belt, líder do projeto, elaborou um SIPOC. O processo mapeado foi o de implantação de pedido e entrega do produto.



❖ Exemplo SIPOC



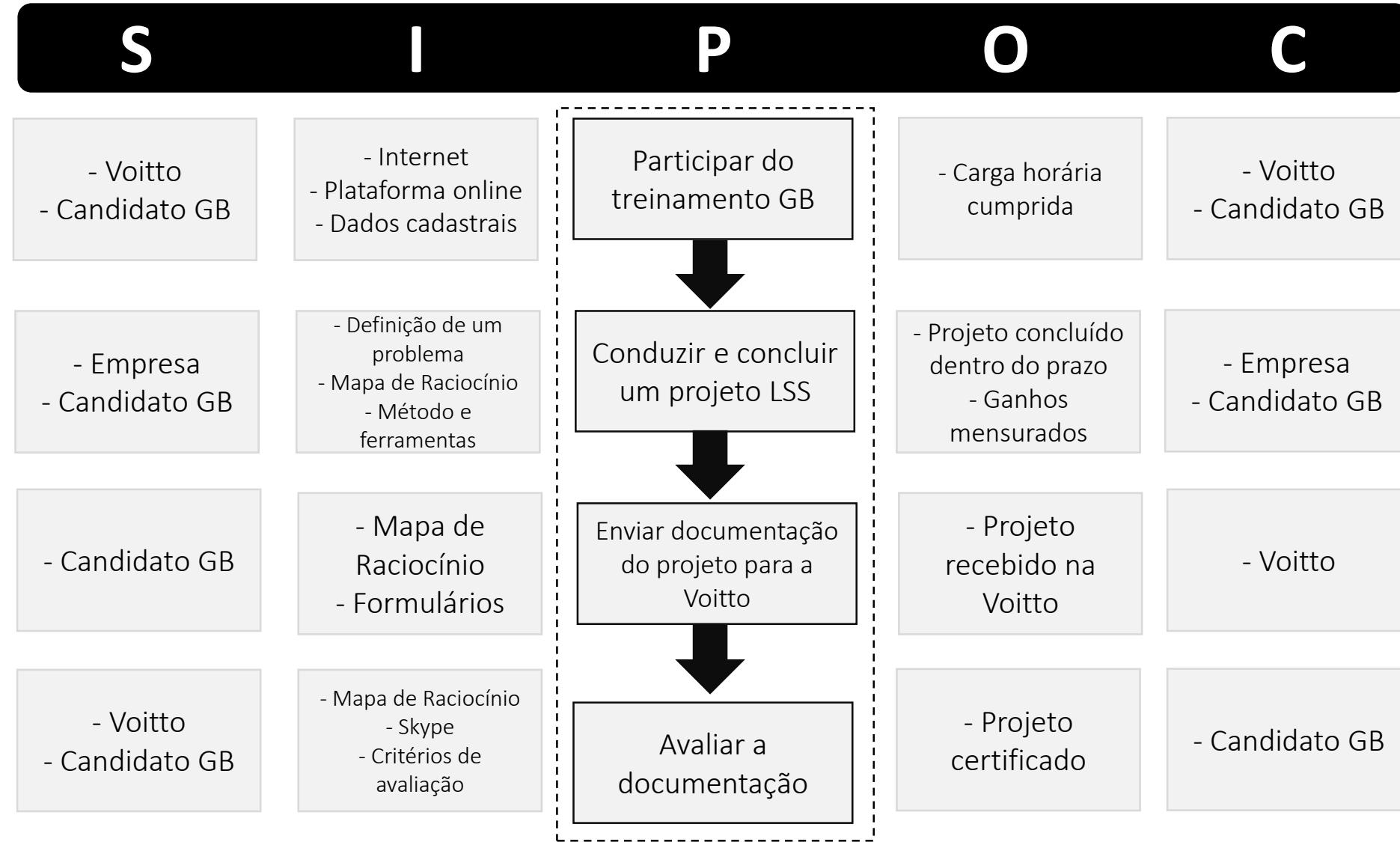
❖ **Tarefa Prática - SIPOC**



Construa um SIPOC para o processo de certificação como Green Belt. Utilize as informações da lição sobre a certificação do módulo e considere que o projeto será feito em uma empresa. A etapa inicial do SIPOC é *"Participar do treinamento Green Belt"* e a etapa final *"Avaliar a documentação do projeto"*.



❖ Tarefa Prática - SIPOC





Módulo 2

DMAIC: Fase de Definição

- Lição 1: Descrição da Fase Definição;*
- Lição 2: Identificando Projetos Lean Seis Sigma;*
- Lição 3: Mapas de Raciocínio;*
- Lição 4: Voz do Cliente (VOC);*
- Lição 5: Definição do Escopo e Planejamento do Projeto;*
- Lição 6: Análise de Risco do Projeto;*
- Lição 7: Métricas Lean Manufacturing;*
- Lição 8: Métricas Seis Sigma;*



Módulo 2

DMAIC: Fase de Definição

- Lição 9: Benchmarking;*
- Lição 10: Definição de Metas para projetos LSS;*
- Lição 11: Equipe de projeto e a Comunicação;*
- Lição 12: SIPOC;*
- Lição 13: Mapeamento do Fluxo de Valor;***
- Lição 14: Dinâmica das Embarcações;*
- Lição 15: Contrato de Projetos (Project Charter);*
- Lição 16: Consolidando o Conhecimento.*



❖ **Mapa do Fluxo de Valor (VSM)**

O **Mapa do Fluxo de Valor (VSM)** descreve visualmente as principais etapas de um processo de execução de produtos/serviços, permitindo identificar desperdícios no fluxo de valor e definir ações de melhoria para construir um novo processo com produtividade, qualidade, rapidez e menor custo.

O Fluxo de valor é toda ação necessária para produzir um produto, desde a matéria prima até o consumidor final.

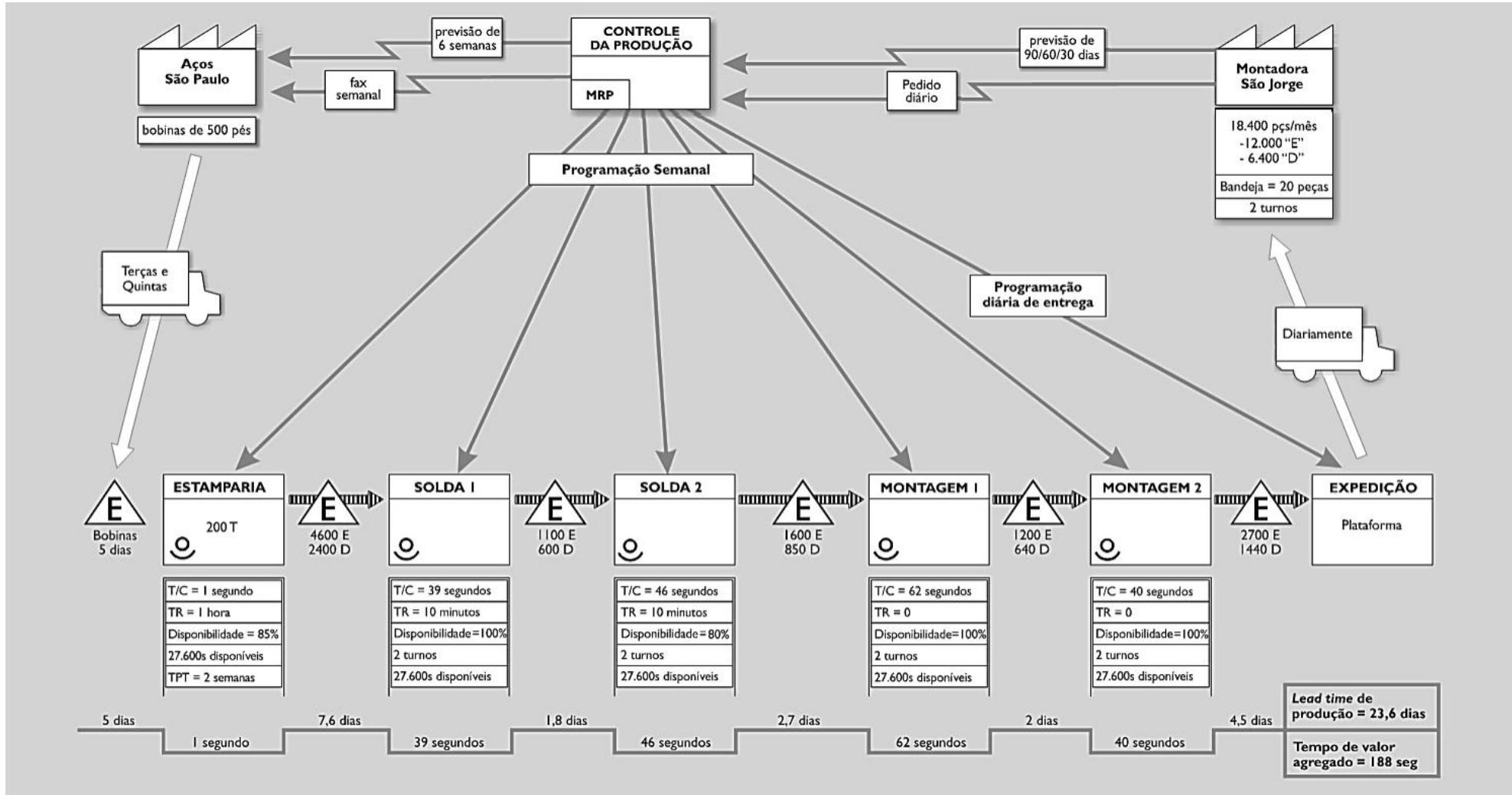
Existem três partes principais no Mapa do Fluxo de Valor:

- Fluxo de Materiais:** desde o recebimento dos fornecedores até a entrega aos clientes;
- Transformação** da matéria-prima em produto acabado;
- Fluxo de informação:** suporta e orienta o fluxo de materiais e de transformação.



❖ Mapa do Fluxo de Valor (VSM)

Exemplo extraído do Livro Léxico Lean.





❖ *Mapa do Fluxo de Valor (VSM)*

❑ **Processo:** na parte superior é apresentado o nome do processo ou departamento sendo mapeado. Na parte inferior, podemos detalhar a quantidade de recursos ou informações relevantes sobre o processo.



❑ **Fontes externas:** identifica clientes e fornecedores.



❑ **Operador:** informa o número de pessoas necessárias para executar a atividade do processo. Pode ser usado para representar um trabalho que demanda um tempo parcial.





❖ *Mapa do Fluxo de Valor (VSM)*

❑ **Caixa de dados:** local onde serão registradas informações importantes como as métricas Lean que foram mensuradas ao longo do fluxo de valor.



Data Box

❑ **Produção com movimento empurrado:** matéria prima ou componentes que são empurrados pelo processo de produção e não por solicitação do cliente.



Push Arrow

❑ **Produção com movimento puxado:** matéria prima ou componentes puxados no processo pela solicitação do cliente.



Finished Goods Movement



❖ **Mapa do Fluxo de Valor (VSM)**

Produção com movimento automatizado: a automatização é utilizada para movimentar matéria prima ou componentes de um processo para outro.



FIFO: os produtos devem ser “puxados” e entregues na ordem *first in, first out*.



FIFO

Estoque não planejado / Inventário: indica a contagem de itens do inventário ou o tempo gasto para processá-los.



Inventory

❖ ***Mapa do Fluxo de Valor (VSM)***



□ **Embarque por ferrovia:** representa o movimento de retirada de materiais por ferrovias. É importante registrar a frequência de embarques de materiais junto ao ícone no Mapa de Fluxo de Valor.



□ **Embarque por rodovia:** representa o movimento de retirada de materiais por caminhões. É importante registrar a frequência de embarques de materiais junto ao ícone no Mapa de Fluxo de Valor.





❖ *Mapa do Fluxo de Valor (VSM)*

□ **Embarque aéreo:** representa o movimento de retirada de materiais por via aérea. É importante registar a frequência de embarques de materiais junto ao ícone no Mapa de Fluxo de Valor.



□ **Embarque fluvial ou marítimo:** representa o movimento de retirada de materiais por embarcações. É importante registar a frequência de embarques de materiais junto ao ícone no Mapa de Fluxo de Valor.



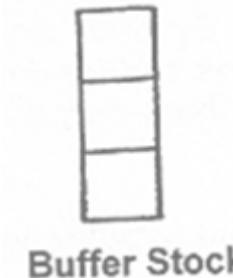
❖ *Mapa do Fluxo de Valor (VSM)*



- ❑ **Supermercado:** indica todos os produtos estocados em uma área, com definição de nível mínimo e máximo. O lado aberto da figura fica voltado para o processo fornecedor.



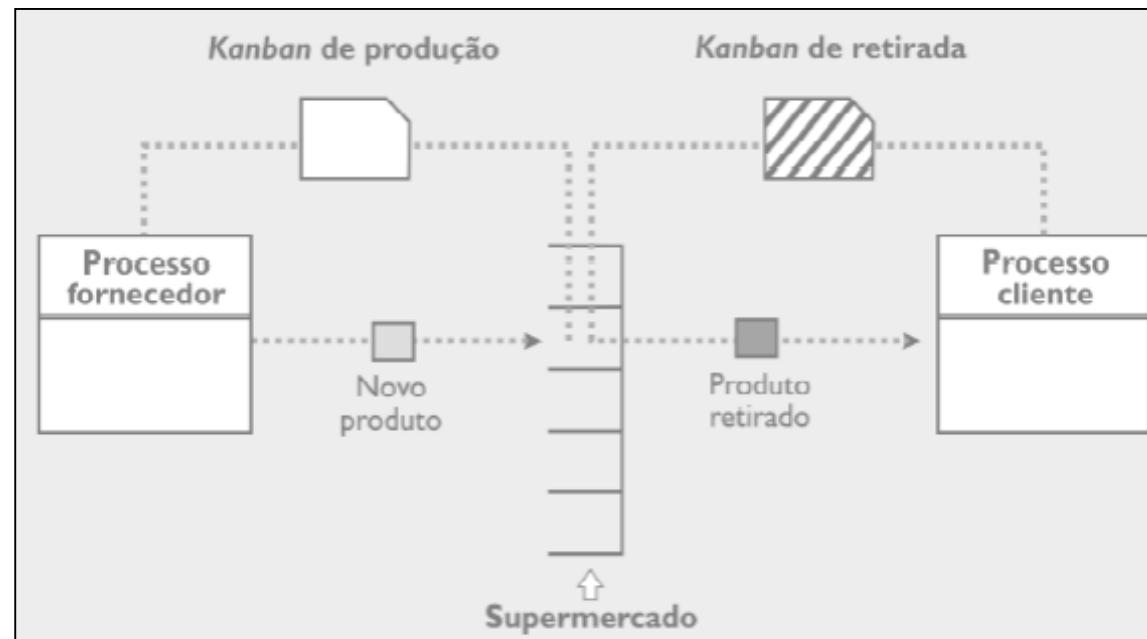
- ❑ **Estoque pulmão / estoque de emergência:** indica todos os produtos estocados em uma área considerada estoque de segurança ou para emergências.





❖ Mapa do Fluxo de Valor (VSM)

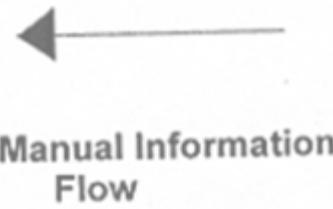
- ❑ **Ícones Kanban:** Kanban de retirada (obter um item de um supermercado), Kanban de produção (indica a produção um item), Posto de Kanban (local onde os Kanbans são mantidos), Lote de Kanban (produção de itens em lotes).



❖ *Mapa do Fluxo de Valor (VSM)*



- ❑ **Fluxo de informação manual:** indica que a transferência da informação é feita de forma manual (pedido diário, programação de produção).
- ❑ **Fluxo de informação eletrônica:** indica que a transferência de informação é feita de forma eletrônica (e-mail, ERP, fax).
- ❑ **Retirada:** movimento de retirada de materiais, puxado pelo processo seguinte, e muitas vezes feita de um estoque/supermercado.



Manual Information Flow



Electronic Flow



Pull Arrow

❖ *Mapa do Fluxo de Valor (VSM)*



- ❑ **Vá ver:** indica ajustes na programação a partir da verificação presencial dos níveis de estoque.

- ❑ **Kaizen:** detecta as melhorias necessárias no processo ou ao longo do fluxo de valor que serão solucionadas por iniciativas Kaizen.



❖ **Como criar um VSM?**



Para criar eficientemente um Mapa do Fluxo de Valor para os processos de manufatura ou processos administrativos de uma organização, seguimos os passos abaixo:

1. Defina o fluxo de valor e a família de produtos que será mapeada.
2. Estabeleça uma equipe e inicie o desenho do Mapa do Estado Atual utilizando lápis, caneta, borracha, papel, post it, etc.
3. Utilize um cronômetro para mensurar as principais métricas enquanto a equipe elabora o Mapa do Estado Atual.

❖ Como criar um VSM?



4. **Inicie identificando o cliente** e sua necessidade.
5. Em seguida **mapeie o fluxo de materiais** da direita para a esquerda (do fim para o início).
6. **Identifique o fornecedor** e a forma de entrega da matéria prima.
7. Mapear o **fluxo de informações** na parte superior do mapa.
8. Identificar o **movimento do produto** em transformação e **registrar as métricas** que foram mensuradas no fluxo de valor.
9. Desenhar a **linha do tempo** e registrar o Lead Time.
10. **Identificar as oportunidades de melhorias** com o ícone do Kaizen e sempre definir os tempos de agregação e não agregação de valor segundo a Voz do Cliente.



❖ *Mapa do Fluxo de Valor (VSM)*

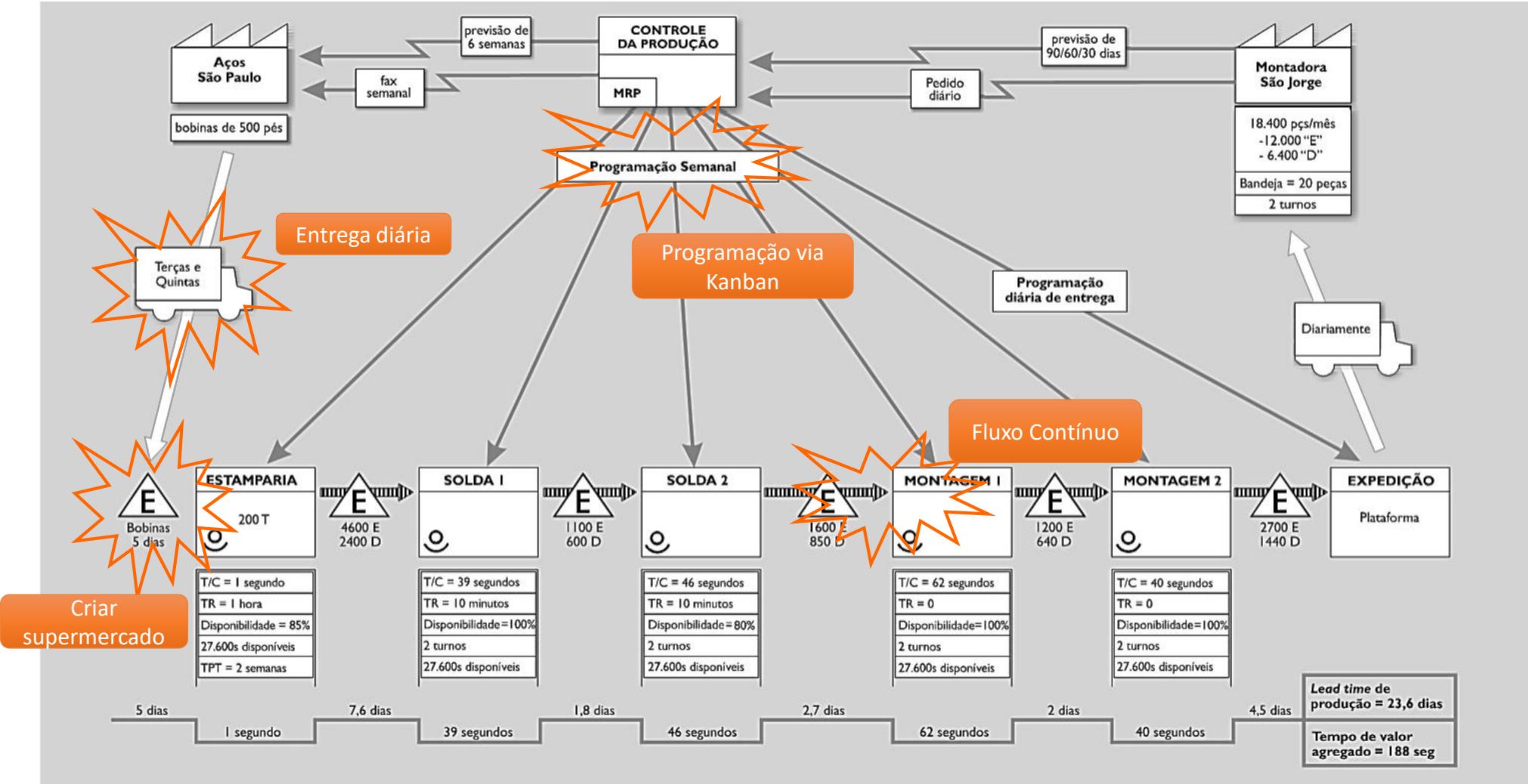
Exemplo extraído do Livro Léxico Lean.

Montadora São Jorge
18.400 pçs/mês - 12.000 "E" - 6.400 "D"
Bandeja = 20 peças
2 turnos



❖ Mapa do Fluxo de Valor (VSM)

Exemplo extraído do Livro Léxico Lean.



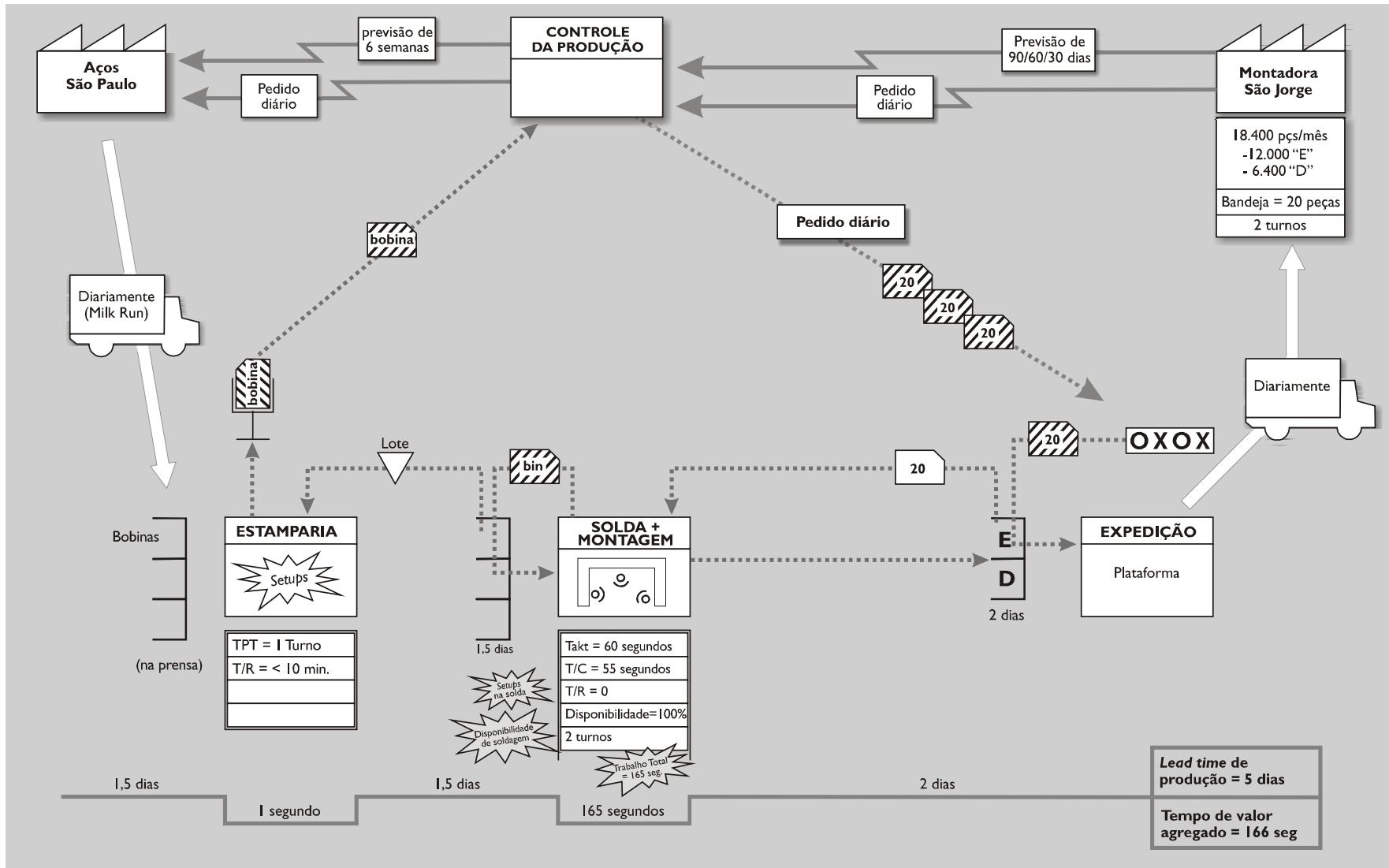


❖ *Diretrizes para o VSM do Estado Futuro*

1. Desenvolver um fluxo contínuo onde for possível;
2. Usar o sistema puxado baseado em supermercados onde o fluxo contínuo não for possível;
3. Produzir de acordo com o takt time;
4. Enviar demanda do cliente para o processo que controla o ritmo da produção;
5. Nivelar o mix de produção;
6. Nivelar o volume de produção;
7. Reduzir os tempos de setup.



❖ Mapa do Fluxo de Valor (VSM)





Módulo 2

DMAIC: Fase de Definição

- Lição 1: Descrição da Fase Definição;*
- Lição 2: Identificando Projetos Lean Seis Sigma;*
- Lição 3: Mapas de Raciocínio;*
- Lição 4: Voz do Cliente (VOC);*
- Lição 5: Definição do Escopo e Planejamento do Projeto;*
- Lição 6: Análise de Risco do Projeto;*
- Lição 7: Métricas Lean Manufacturing;*
- Lição 8: Métricas Seis Sigma;*



Módulo 2

DMAIC: Fase de Definição

- Lição 9: Benchmarking;*
- Lição 10: Definição de Metas para projetos LSS;*
- Lição 11: Equipe de projeto e a Comunicação;*
- Lição 12: SIPOC;*
- Lição 13: Mapeamento do Fluxo de Valor;*
- Lição 14: Dinâmica das Embarcações;***
- Lição 15: Contrato de Projetos (Project Charter);*
- Lição 16: Consolidando o Conhecimento.*

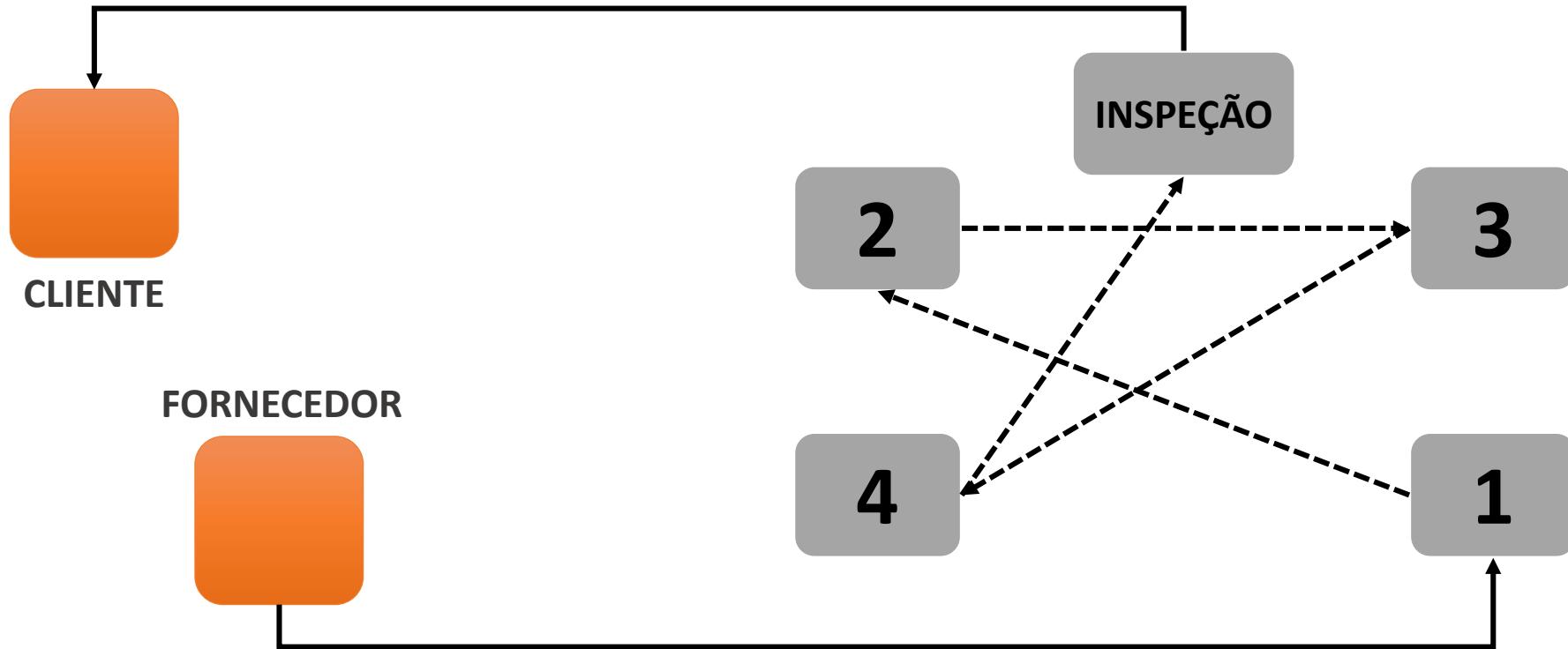
❖ *Dinâmica – Voitto Embarcações*

A empresa Voitto Embarcações teve até o início do ano de 2018 o monopólio no mercado japonês de fabricação de barcos de pesca. Com a abertura do mercado, novas empresas estão se instalando no país para disputar este mercado promissor.

No intuito de se manter competitiva, a empresa contratou uma equipe de especialistas em Melhoria Contínua para garantir a melhoria dos seus processos internos.

A oportunidade de melhoria percebida na empresa foi a redução de desperdícios no fluxo de produção das embarcações. A seguir temos o Layout atual de produção dos barcos pesqueiros:

❖ *Dinâmica – Voitto Embarcações*



❖ *Dinâmica – Voitto Embarcações*

A empresa Voitto Embarcações possui a seguinte equipe de trabalho:

1 inspetor: verifica o trabalho dos operadores

4 operadores: realizam as atividades operacionais de cada célula

2 transportadores: fazem a movimentação do material

1 fornecedor: providencia o material

1 cliente: faz o pedido e recebe o produto final

2 cronoanalistas: medirá o tempo de agregação de valor e o lead time.

❖ *Dinâmica – Voitto Embarcações*

A empresa Voitto Embarcações possui o seguinte procedimento de produção:

- **transportador 1** busca a folha de papel, uma de cada vez, do **fornecedor A** e entrega na **Célula 1**;
- **operador** da **Célula 1** traça uma reta no meio da folha, marcando-a em duas metades;
- **transportador 1** leva a folha de papel marcada para a **Célula 2**;
- **operador da Célula 2** monta o barco;
- **transportador 1** leva o barco para a **Célula 3**;
- **operador da Célula 3** escreve à caneta hidrográfica “Lean Manufacturing” na popa do barco;
- **transportador 2** leva o barco pintado para a **Célula 4**;
- **operador da Célula 4** faz a marcação do número de série do barco;
- **transportador 2** leva o barco pronto para a área de inspeção;
- **inspetor** avalia a qualidade da fabricação e libera o barco para o **cliente** ou o rejeita;
- **transportador 2** leva o barco pronto para o **cliente**.

❖ *Dinâmica – Voitto Embarcações*

A equipe da Voitto Embarcações deve produzir um lote de 10 barcos.

- ❑ Medir o Lead Time e o TAV – Tempo de Agregação de Valor das etapas;
- ❑ Número de peças descartadas e retrabalhadas;
- ❑ Eficiência do ciclo do processo (tempo de agregação de valor/Lead Time);
- ❑ Desenhar o Mapa do Fluxo de Valor.

Regras para a segunda rodada:

- ❑ Identificar desperdícios no processo;
- ❑ Propor melhorias;
- ❑ O produto não pode ser reprojetado;
- ❑ A demanda de 10 barcos deve ser atendida;
- ❑ A produção não pode parar até que sejam entregues todos os produtos;
- ❑ É indispensável a linha de produção.

❖ *Primeira rodada - Montagem do Barco*



❖ *Dinâmica – Voitto Embarcações*

Quais foram os desperdícios percebidos? Quais melhorias podem ser aplicadas?

- Desperdício com transporte desnecessário;
- Gargalos em vários pontos do processo já que a produção é empurrada;
- Entrega excessiva de matéria-prima, gerando estoque inadequado;
- Falta de orientação em relação ao padrão de qualidade;

- Oportunidade de aplicação de um fluxo contínuo na maior parte do processo;
 - Oportunidade de fazer uma redistribuição das tarefas;
- Oportunidade de reduzir o transporte excessivo e reduzir o estoque de MP.

❖ *Segunda rodada - Montagem do Barco*



❖ *Dinâmica – Voitto Embarcações*

Comente a diferença de resultados entre a primeira e segunda rodada.

- A redução dos desperdícios gerou maior agilidade na produção;
- A redistribuição das tarefas facilitou o controle de qualidade;
- O Lead Time reduziu em 60% (00:05:12 para 00:02:07)
- Redução do WIP em 89% (de 19 folhas para 2 folhas)
- A eficiência aumentou de 35,8% para 82,6%



Módulo 2

DMAIC: Fase de Definição

- Lição 1: Descrição da Fase Definição;*
- Lição 2: Identificando Projetos Lean Seis Sigma;*
- Lição 3: Mapas de Raciocínio;*
- Lição 4: Voz do Cliente (VOC);*
- Lição 5: Definição do Escopo e Planejamento do Projeto;*
- Lição 6: Análise de Risco do Projeto;*
- Lição 7: Métricas Lean Manufacturing;*
- Lição 8: Métricas Seis Sigma;*



Módulo 2

DMAIC: Fase de Definição

- Lição 9: Benchmarking;*
- Lição 10: Definição de Metas para projetos LSS;*
- Lição 11: Equipe de projeto e a Comunicação;*
- Lição 12: SIPOC;*
- Lição 13: Mapeamento do Fluxo de Valor;*
- Lição 14: Dinâmica das Embarcações;*
- Lição 15: Contrato de Projetos (Project Charter);**
- Lição 16: Consolidando o Conhecimento.*



❖ **Contrato de Projeto (Project Charter)**

O **Contrato de Projeto** é um documento que firma um acordo entre a equipe executora do projeto, o Belt e os gestores da empresa (*Champions e Sponsors*) e deve apresentar os seguintes objetivos:

- Apresentar claramente os objetivos que são esperados da equipe;
- Manter a equipe alinhada aos objetivos do projeto;
- Formalizar as principais definições do início do projeto como cronograma, escopo e meta;
- Garantir o comprometimento dos envolvidos.

❖ Contrato de Projeto (Project Charter)

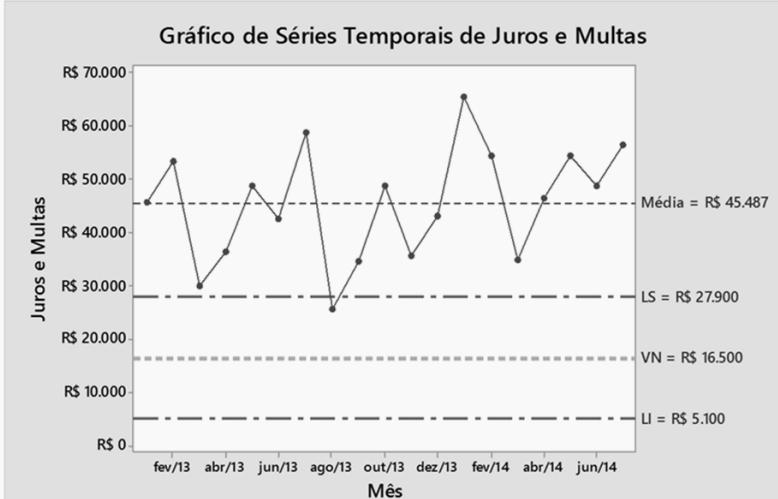


	PROJECT CHARTER <i>Contrato do Projeto</i>		
Título do Projeto	Redução dos custos de juros e multas com pagamentos atrasados aos fornecedores.		
Green Belt Roberto Silva	Data de elaboração do contrato: 15/03/2016		
Descrição do Problema	O atual processo de pagamento de Notas Fiscais de fornecedores não permite o pagamento no prazo, conforme acordado em contrato. Reclamações por partes dos fornecedores tem se mostrado cada vez mais frequente e a empresa paga juros e multas pelos atrasos. Algumas iniciativas já foram feitas na área, contudo sem sucesso.		
Indicador do projeto Custos de juros e multas (R\$)	Periodicidade Mensal	Valor Atual R\$ 52.500,00	

❖ Contrato de Projeto (Project Charter)



Comportamento Histórico do Problema



Meta

Reducir o patamar médio dos custos de juros e multas em 63,7% (de R\$ 45.487,00 para R\$16.500,00), considerando um desvio padrão de R\$ 3.800,00, em um período de 4 meses.

Ganhos (Anual)

\$\$\$ (Tangível)	Qualidade (Intangível)
1. R\$ 28.987,00 por mês ou um ganho potencial de R\$ 347.844,00 no ano.	1. Perda de credibilidade no mercado
	2. Perda de poder de negociação junto ao fornecedor
	3. Desgaste interno entre a área de operações e a área financeira

❖ Contrato de Projeto (Project Charter)



Escopo (Dentro vs Fora)	
Dentro	Fora
1. Todos os fornecedores da área de operações	1. Notas Fiscais recebidas pelo RH
2. Mapear os processos da área de Contas a Pagar	2. Processos secundários de pagamentos de NFs
3. Novos fornecedores serão incluídos nas soluções do projeto	

Equipe	Responsabilidade no Projeto
Roberto Silva	Líder do Projeto (Green Belt)
Amanda Oliveira	Coleta de dados
Ricardo Braga	Análise estatísticas
Letícia Cabral	Levantamento de causas e soluções

Cronograma				
Definir	Medir	Analizar	Melhorar	Controlar
01 a 15/03/16	16/03 a 30/04/16	01 a 15/05/16	16/05 a 15/06/16	16 a 30/06/16

APROVAÇÕES

Sponsor

Champion

Green Belt



Módulo 2

DMAIC: Fase de Definição

- Lição 1: Descrição da Fase Definição;*
- Lição 2: Identificando Projetos Lean Seis Sigma;*
- Lição 3: Mapas de Raciocínio;*
- Lição 4: Voz do Cliente (VOC);*
- Lição 5: Definição do Escopo e Planejamento do Projeto;*
- Lição 6: Análise de Risco do Projeto;*
- Lição 7: Métricas Lean Manufacturing;*
- Lição 8: Métricas Seis Sigma;*



Módulo 2

DMAIC: Fase de Definição

- Lição 9: Benchmarking;*
- Lição 10: Definição de Metas para projetos LSS;*
- Lição 11: Equipe de projeto e a Comunicação;*
- Lição 12: SIPOC;*
- Lição 13: Mapeamento do Fluxo de Valor;*
- Lição 14: Dinâmica das Embarcações;*
- Lição 15: Contrato de Projetos (Project Charter);*
- Lição 16: Consolidando o Conhecimento.***

❖ ***Exercícios de Fixação – Módulo 2***



1. O objetivo da Fase de Definição:

- a) É estabelecer o tema do projeto com um escopo adequado, identificar o processo gerador do problema, definir uma meta e elaborar um contrato de projeto.
- b) É estabelecer o tema do projeto, uma meta que possa ser convertida em ganho financeiro e as causas potenciais do problema.
- c) É definir o escopo do projeto com precisão, identificar o processo gerador do problema e estabelecer as melhorias que devem ser implementadas.

2. Qual das ferramentas abaixo não faz parte da Fase de Definição do método DMAIC?

- a) SIPOC.
- b) Project Charter.
- c) Espinha de Peixe.

❖ ***Exercícios de Fixação – Módulo 2***



3. Qual das alternativas abaixo não descreve corretamente a definição de meta do projeto Lean Seis Sigma?

- a) Uma meta deve ser estabelecida entre o valor atual de performance do processo e o seu valor de benchmarking.
- b) A meta em um projeto Lean Seis Sigma é o valor de benchmarking do processo.
- c) Uma meta deve ser escrita com objetivo, valor e prazo.

4. Qual das alternativas abaixo não descreve corretamente a função do SIPOC?

- a) O SIPOC é um diagrama com a finalidade de definir o principal processo envolvido no projeto Lean Seis Sigma.
- b) O SIPOC permite a identificação do escopo do projeto com maior clareza e ajuda a compreender melhor o principal processo gerador do problema.
- c) O SIPOC mapeia o principal processo envolvido em detalhes, permitindo a identificação de causas potenciais do problema.

❖ Exercícios de Fixação – Módulo 2



5. Qual o benefício a empresa adquire ao reduzir desperdícios e a variabilidade dos processos com a metodologia Lean Seis Sigma?

- a) Ganhos financeiros devido à redução dos desperdícios, mas com processos que não atendem as especificações do produto.
- b) Processos com maior chance de atender as especificações do cliente e com custo de produção reduzido.
- c) Diminuição do refugo e aumento do retrabalho.

6. Qual afirmativa está correta?

- a) Um processo que possui um lead time de 12 horas e tempo de agregação de valor de 30 minutos, tem uma eficiência igual a 6,5%.
- b) Um processo que inicia sua primeira etapa com 1.200 itens e entrega 950 itens produzidos corretamente, possui um FTT igual a 79,2%.
- c) Um processo recebeu uma demanda de 1.280 itens e possui um tempo líquido de produção de 7 horas. O takt time será igual a 25 segundos por item.

❖ ***Exercícios de Fixação – Módulo 2***



7. No Mapa do Fluxo de Valor:

- a) Devemos sempre mapear o Estado Atual e o Estado Futuro da cadeia de valor, utilizando lápis, caneta e borracha.
- b) Identificamos inicialmente os fontes externas (cliente e fornecedor) e, em seguida, o fluxo de informações.
- c) Desenhamos a linha do tempo, que representa o tempo em que o processo está ativo na empresa, desde a construção da fábrica.

❖ *Exercícios de Fixação – Módulo 2*



Gabarito:

- 1) A
- 2) C
- 3) B
- 4) C
- 5) B
- 6) B
- 7) A



Módulo 3

DMAIC: Fase Medição

- Lição 1: Fase de Medição;***
- Lição 2: Mapa de Processo;***
- Lição 3: Espinha de Peixe;***
- Lição 4: Matriz Causa e Efeito;***
- Lição 5: Matriz Esforço x Impacto;***
- Lição 6: Conceitos de Estatística e Probabilidade;***
- Lição 7: Amostragem;***
- Lição 8: Introdução ao Minitab 18;***
- Lição 9: Estatística Descritiva;***



Módulo 3

DMAIC: Fase Medição

- Lição 10: Principais Distribuições de Probabilidade;*
- Lição 11: Distribuição Normal e Teste de Normalidade;*
- Lição 12: Gráficos Básicos;*
- Lição 13: Cartas de Controle;*
- Lição 14: Capabilidade do Processo;*
- Lição 15: Análise do Sistema de Medição (dados contínuos);*
- Lição 16: Análise do Sistema de Medição (dados discretos);*
- Lição 17: Dinâmica dos carrinhos;*
- Consolidação do Conhecimento.*

❖ **Fase de Medição**

Objetivo:

Analisar o processo e analisar o fenômeno, identificar falhas e parâmetros críticos do processo, analisar quantitativamente e em maior profundidade os dados históricos do problema, levantar as causas potenciais do problema.

Perguntas de orientação:

- Qual é o estado atual do processo?
- Quais as potências causas (fontes de variação) do processo?
- Os dados são confiáveis?
- Quais análises quantitativas podem ser realizadas com os dados históricos (variável Y)?

Tempo estimado: 4 a 6 semanas.

❖ *Fase de Medição*

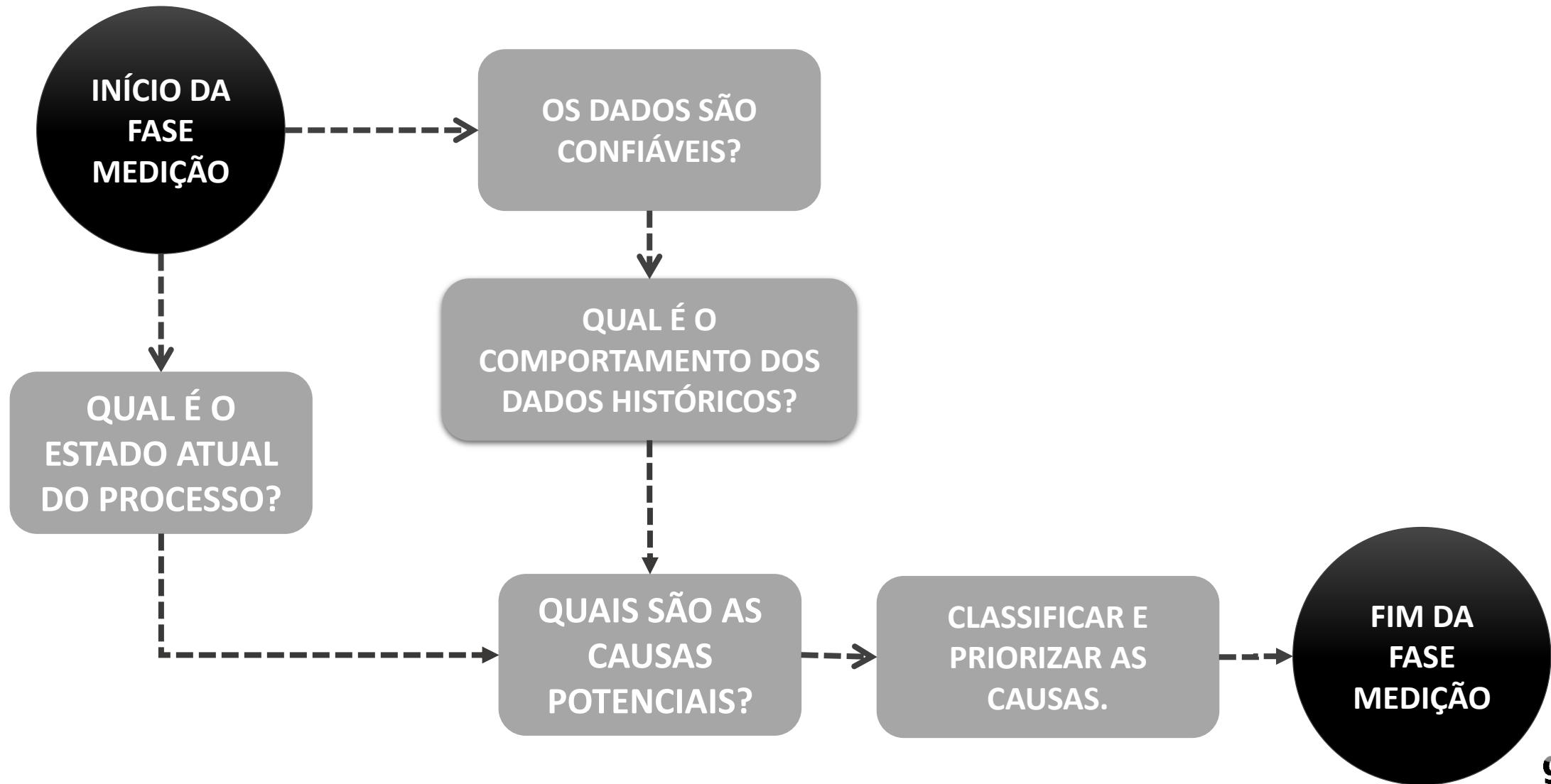
Ferramentas Qualitativas:

- Mapa de Processo;
- Espinha de Peixe;
- Matriz Causa e Efeito;
- Matriz Esforço x Impacto.

Ferramentas Quantitativas:

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Conceitos estatísticos básicos; | <input type="checkbox"/> Pareto; |
| <input type="checkbox"/> Estatística Descritiva; | <input type="checkbox"/> Gráfico Sequencial; |
| <input type="checkbox"/> Histograma; | <input type="checkbox"/> Capabilidade. |
| <input type="checkbox"/> Boxplot; | |

❖ Fase de Medição





Módulo 3

DMAIC: Fase Medição

- Lição 1: Fase de Medição;*
- Lição 2: Mapa de Processo;***
- Lição 3: Espinha de Peixe;*
- Lição 4: Matriz Causa e Efeito;*
- Lição 5: Matriz Esforço x Impacto;*
- Lição 6: Conceitos de Estatística e Probabilidade;*
- Lição 7: Amostragem;*
- Lição 8: Introdução ao Minitab 18;*
- Lição 9: Estatística Descritiva;*



Módulo 3

DMAIC: Fase Medição

- Lição 10: Principais Distribuições de Probabilidade;*
- Lição 11: Distribuição Normal e Teste de Normalidade;*
- Lição 12: Gráficos Básicos;*
- Lição 13: Cartas de Controle;*
- Lição 14: Capabilidade do Processo;*
- Lição 15: Análise do Sistema de Medição (dados contínuos);*
- Lição 16: Análise do Sistema de Medição (dados discretos);*
- Lição 17: Dinâmica dos carrinhos;*
- Consolidação do Conhecimento.*



❖ *Mapa de Processo*

O que é esta Ferramenta?

Ilustração gráfica do processo. **Deve documentar como o processo realmente opera**, incluindo as etapas que agregam e não agregam valor.

O que será identificado por esta ferramenta?

- Todas as etapas do processo que agregam e não agregam valor;
- As principais saídas/entregas de cada etapa (produto em processo);
- Principais entradas/parâmetros de processo (X's);
- Principais requisitos das saídas/parâmetros de produto (Y's).

Quando usar Mapas de Processos?

Sempre que se precisa de uma visualização rápida e mais detalhada das etapas do processo.



❖ *Mapa de Processo*

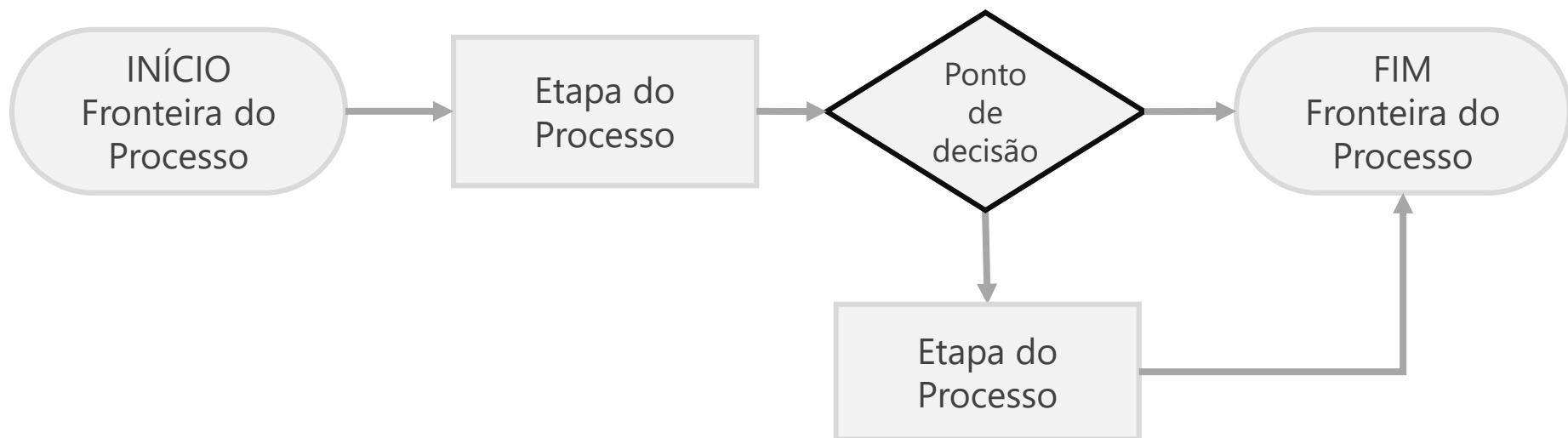
Quais os resultados do mapa do processo?

- Facilitar o entendimento do processo;
- Identificar oportunidades de eliminação de etapas que não agregam valor;
- Identificar gargalos e outros desperdícios;
- Identificar áreas problemáticas ou redundâncias no processo;
- Examinar melhor as etapas que podem ter impacto significativo no resultado do processo.



❖ *Mapa de Processo*

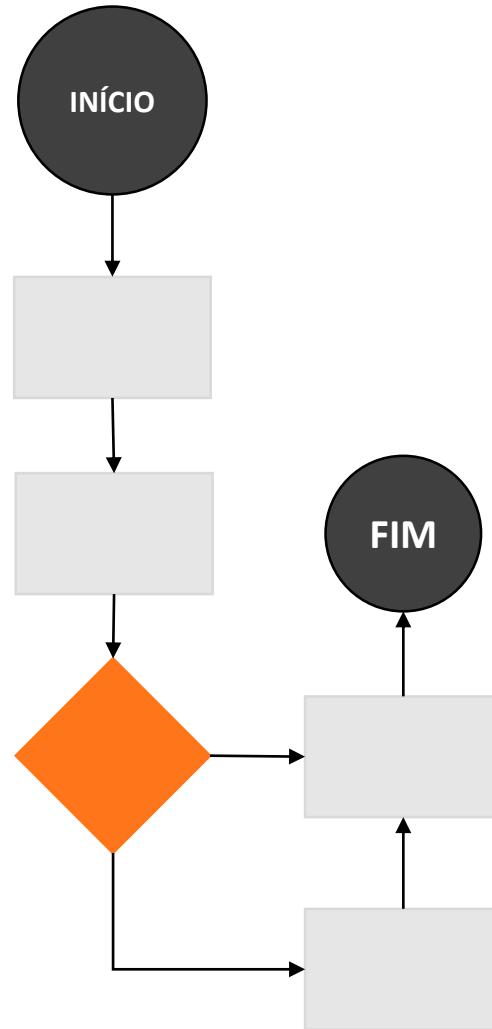
Os símbolos básicos do Mapa de Processo são:



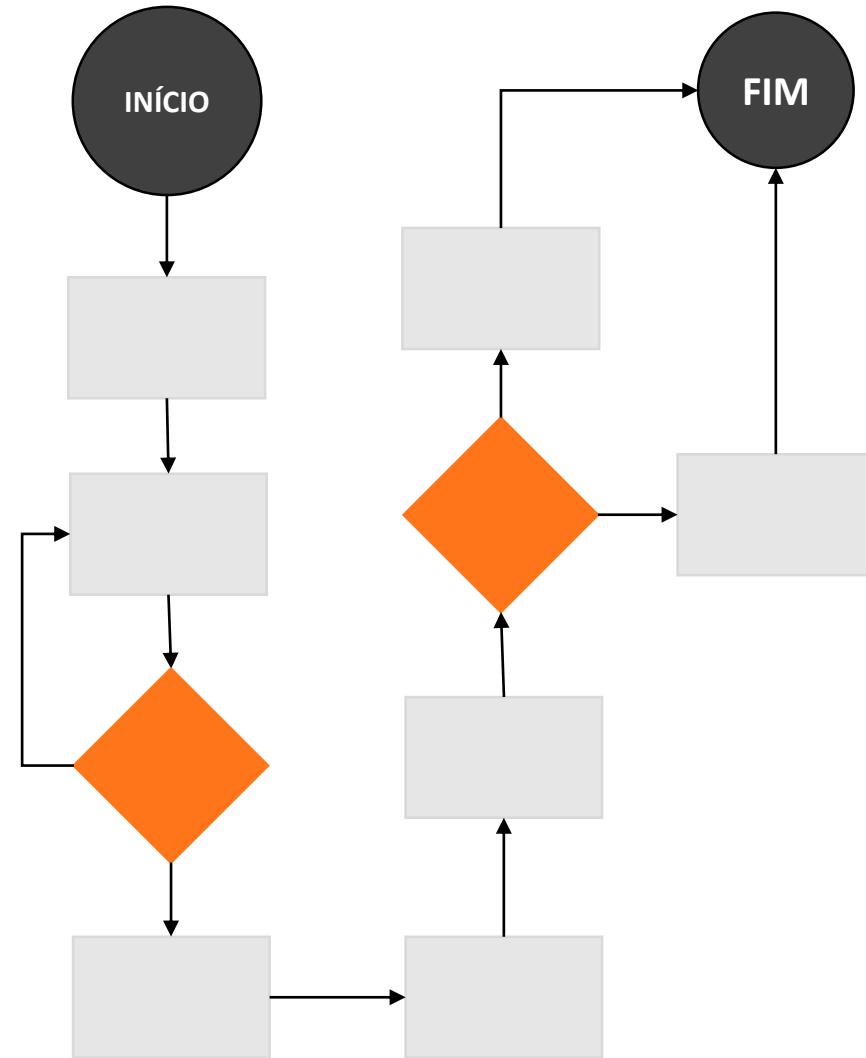


❖ Mapa de Processo

Como você imaginou...



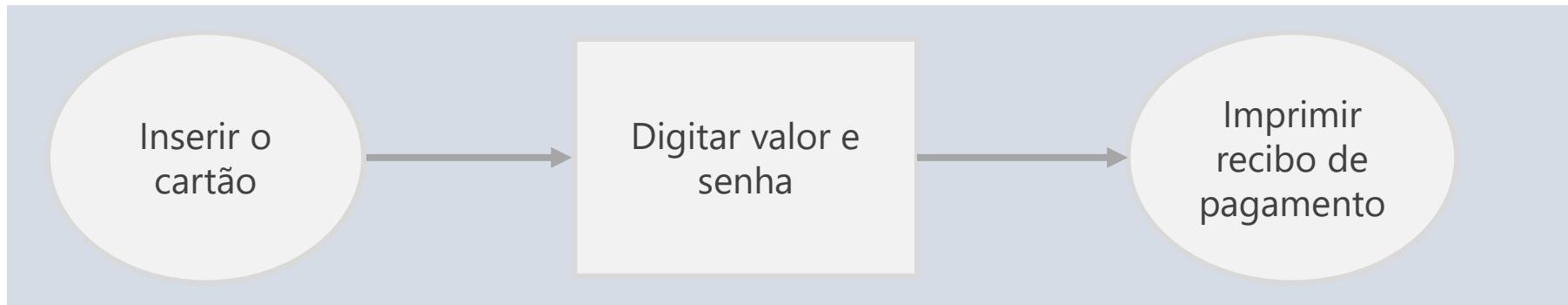
Estado real do processo...



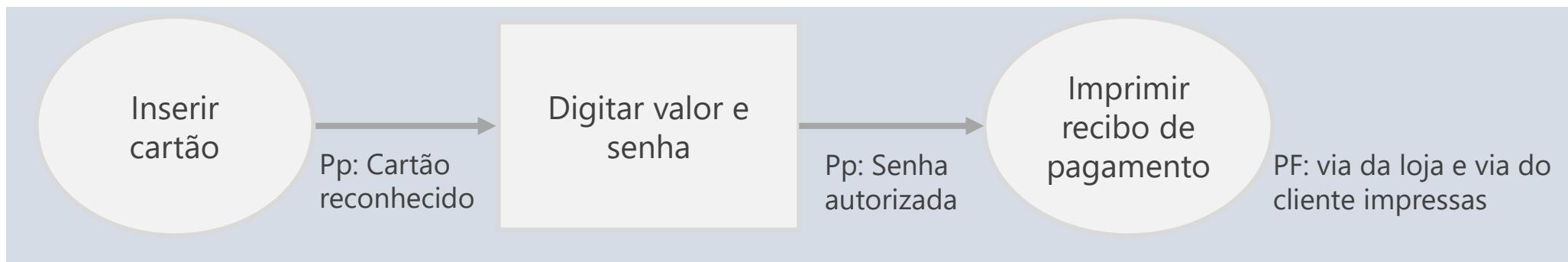


❖ Mapa de Processo

O mapa de processo deve descrever os limites do processo (onde começa e onde termina) e as principais atividades/tarefas.



Deve conter também o resultado da etapa do processo (Produto/Serviço em processo (Pp) e produto/serviço final (PF)).

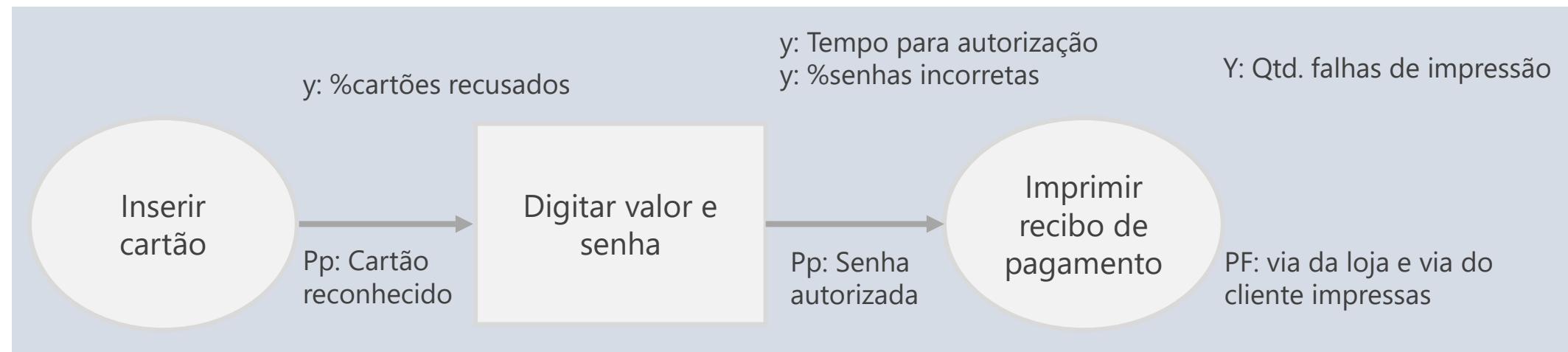




❖ Mapa de Processo

Parâmetro de produto/serviço final (Y maiúsculo): Uma variável que caracteriza o produto/serviço no estágio final.

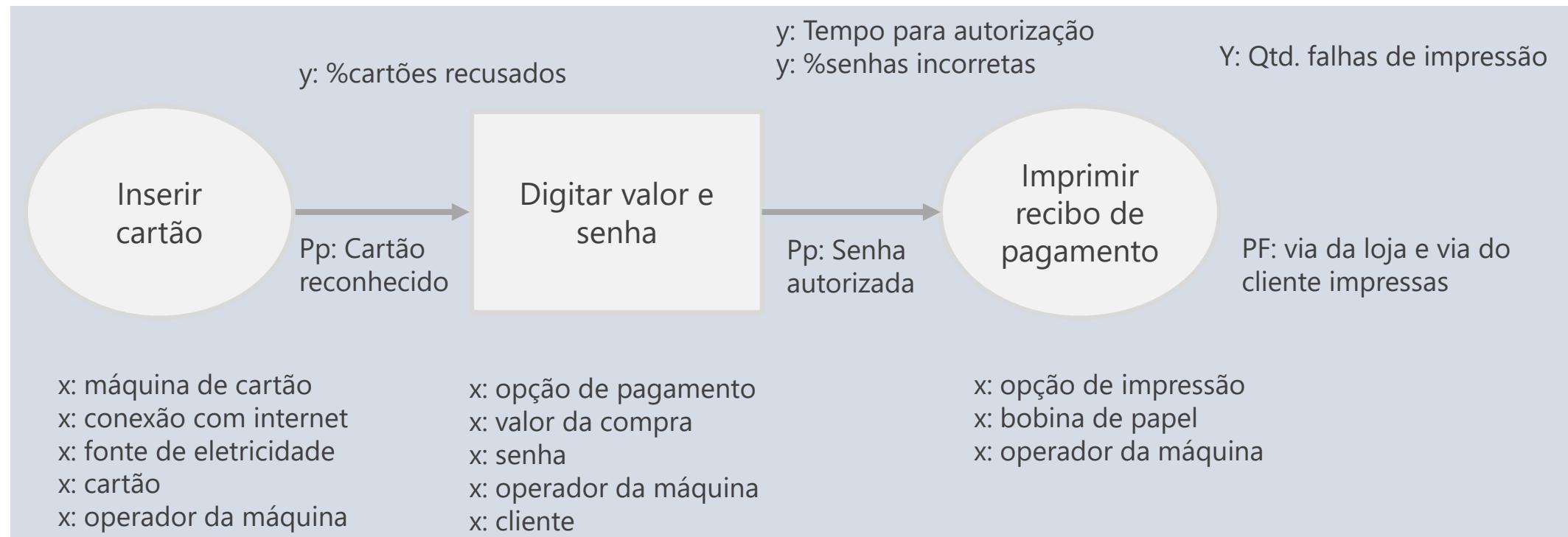
Parâmetro de produto/serviço em processo (y minúsculo): Uma variável que caracteriza o produto/serviço nos estágios intermediários do processo.





❖ Mapa de Processo

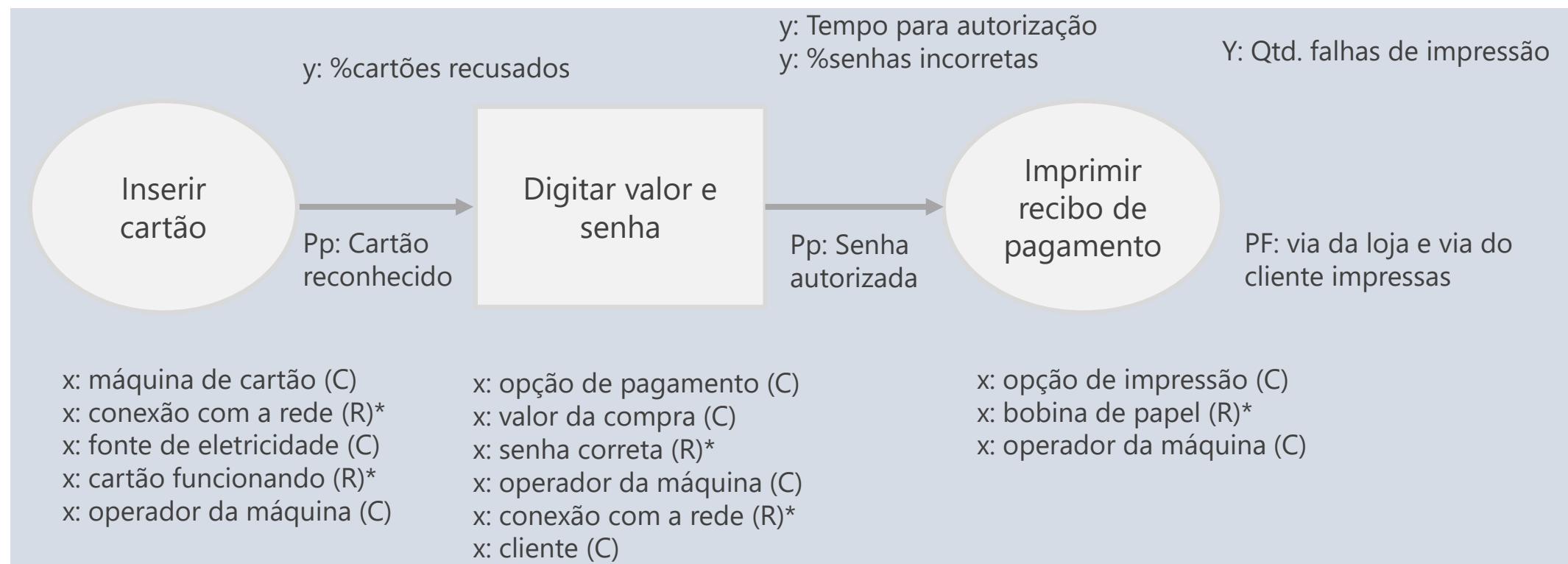
Parâmetro de processo (x): Uma variável do processo, considerado uma entrada da etapa do processo que pode afetar o resultado, ou seja, o desempenho do produto/serviço que está sendo produzido.





❖ Mapa de Processo

Classificação do parâmetro de processo (x): classificar cada variável como controlável ou ruído. Também podemos evidenciar o que é crítico.





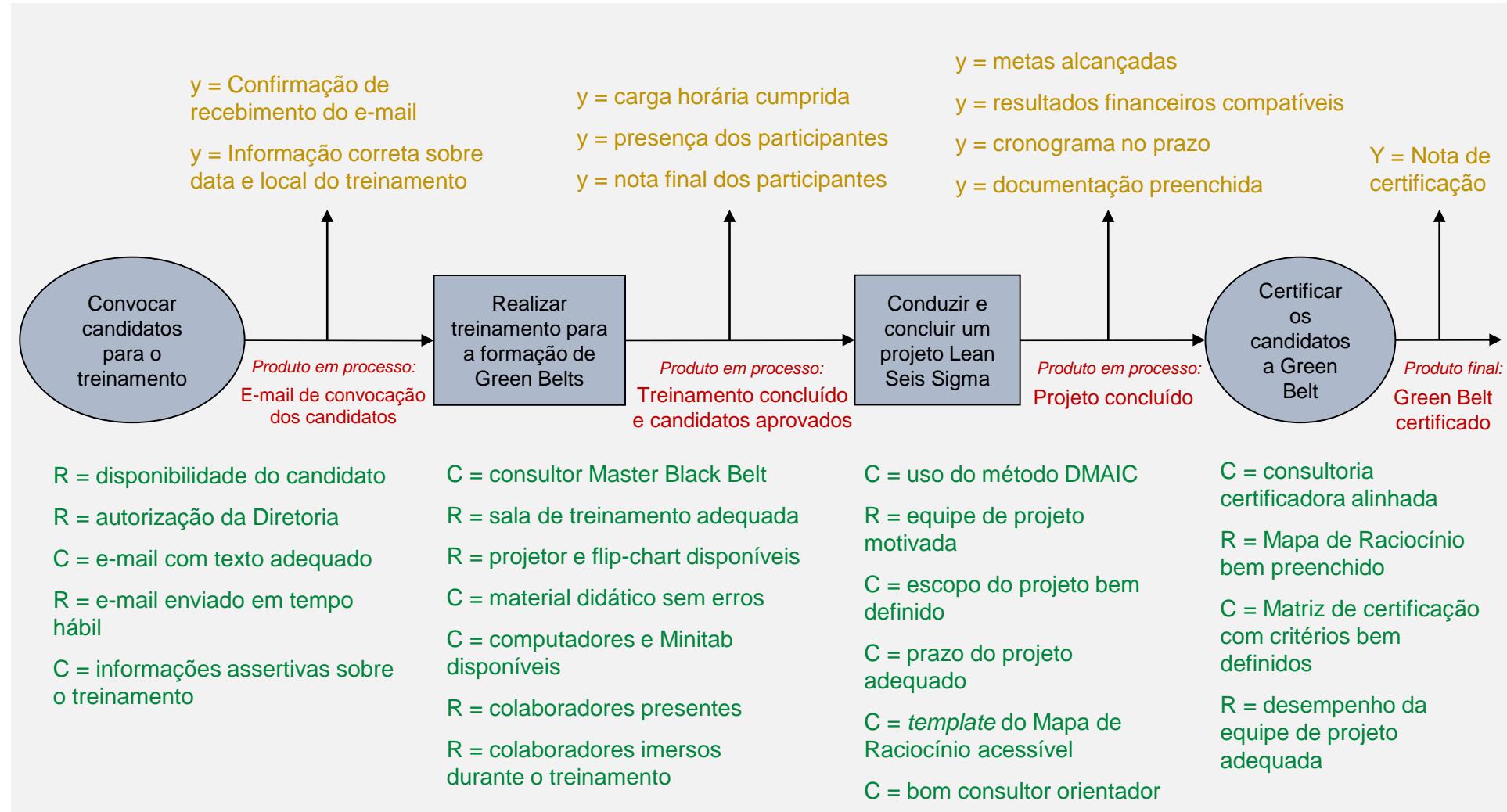
❖ *Mapa de Processo*

A empresa **Topa Tudo** é uma empresa de varejo que possui o Programa Lean Seis Sigma. O Coordenador do programa e percebeu que o índice de certificação de Green Belts é muito baixo, cerca de 63% contra um valor esperado de 90%.

Um projeto será feito com a meta de melhorar o índice de certificação. Na fase de Medição do método DMAIC elaborou-se um Mapa de Processo do processo gerador do problema.



❖ Mapa de Processo



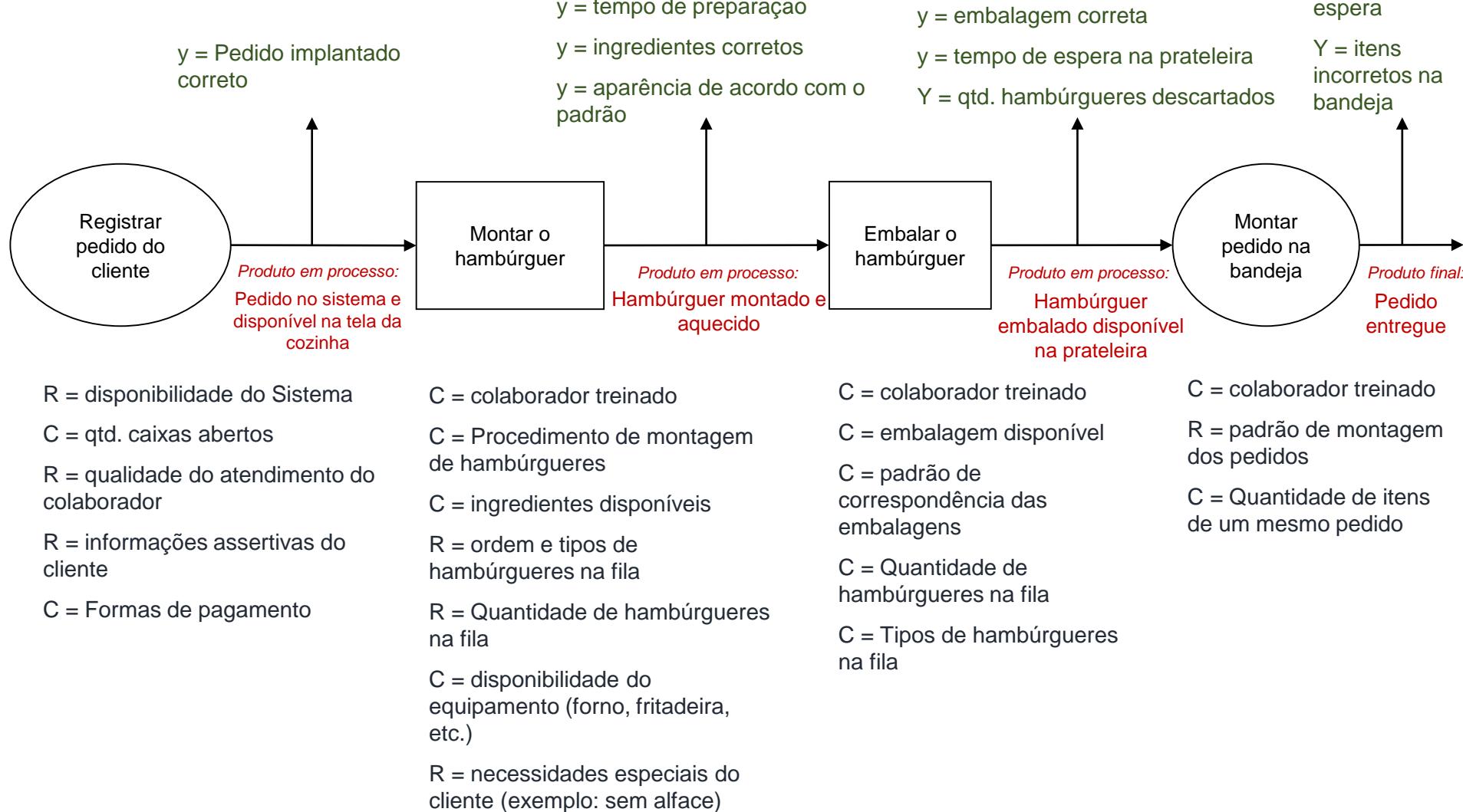
❖ **Tarefa Prática – Mapa de Processo**



Você é dono de uma franquia de restaurantes *fast food* e percebeu um desperdício muito grande de hambúrgueres na linha de produção. Para identificar as causas do desperdício, o primeiro passo será mapear o processo de produção dos hambúrgueres e identificar seus parâmetros críticos.

Elabore um Mapa de Processo com 4 etapas e considere que o processo começa com o pedido do cliente no caixa e termina com o hambúrguer servido na bandeja do cliente. O hambúrguer é composto por pão, carne, cebola, alface e tomate.

❖ Tarefa Prática – Mapa de Processo





Módulo 3

DMAIC: Fase Medição

- Lição 1: Fase de Medição;*
- Lição 2: Mapa de Processo;*
- Lição 3: Espinha de Peixe;***
- Lição 4: Matriz Causa e Efeito;*
- Lição 5: Matriz Esforço x Impacto;*
- Lição 6: Conceitos de Estatística e Probabilidade;*
- Lição 7: Amostragem;*
- Lição 8: Introdução ao Minitab 18;*
- Lição 9: Estatística Descritiva;*



Módulo 3

DMAIC: Fase Medição

- Lição 10: Principais Distribuições de Probabilidade;*
- Lição 11: Distribuição Normal e Teste de Normalidade;*
- Lição 12: Gráficos Básicos;*
- Lição 13: Cartas de Controle;*
- Lição 14: Capabilidade do Processo;*
- Lição 15: Análise do Sistema de Medição (dados contínuos);*
- Lição 16: Análise do Sistema de Medição (dados discretos);*
- Lição 17: Dinâmica dos carrinhos;*
- Consolidação do Conhecimento.*

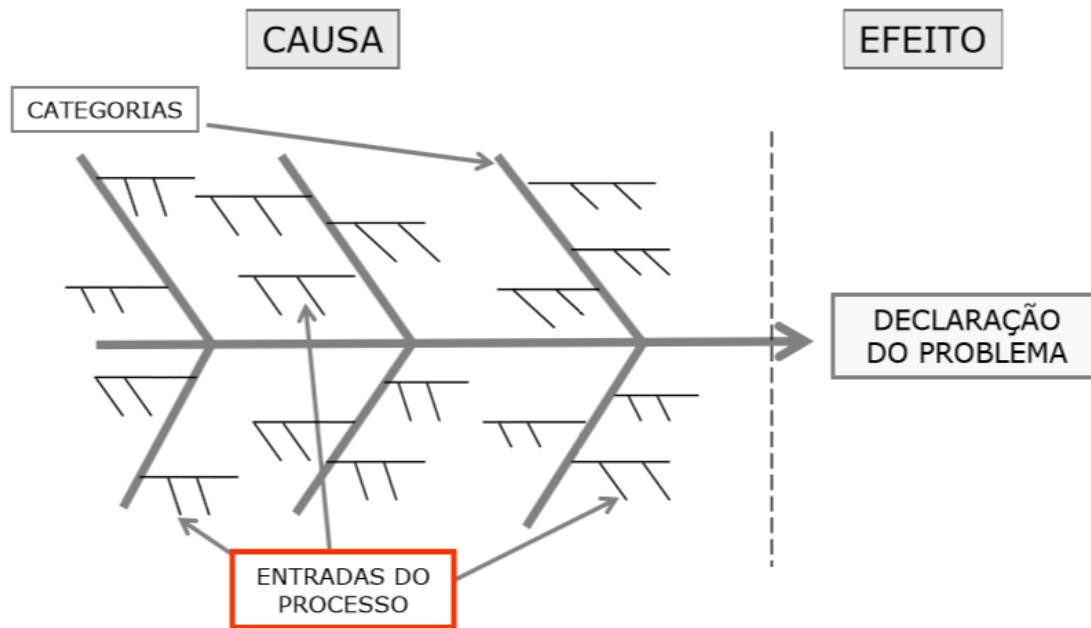


❖ *Espinha de Peixe*

Também conhecido como Diagrama de Ishikawa ou Diagrama de Causa e Efeito, proporciona uma análise de causas para um determinado efeito.

As categorias das causas podem seguir o método 6M:

- Material;
- Mão de Obra;
- Meio Ambiente;
- Máquina;
- Medida;
- Método.

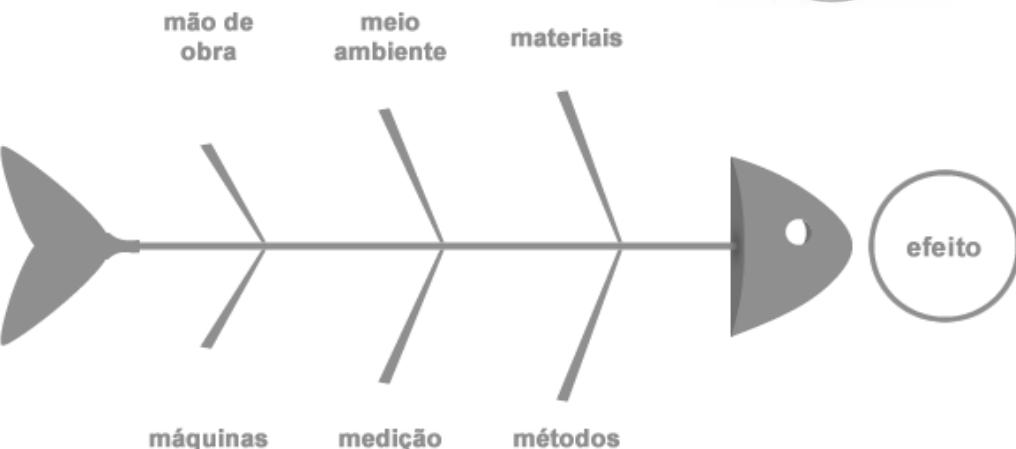




❖ *Espinha de Peixe*

Etapas de aplicação da ferramenta:

1. Desenhe a Espinha de Peixe em branco;
2. Defina com clareza o Efeito;
3. Defina quais são as categorias que se adequam melhor ao Efeito;
4. Faça um *brainstorming* para levantar as diversas causas do problema;
5. Para cada causa primária questione: "Porque esta causa acontece?"
6. Revise e chegue a uma versão final do diagrama.





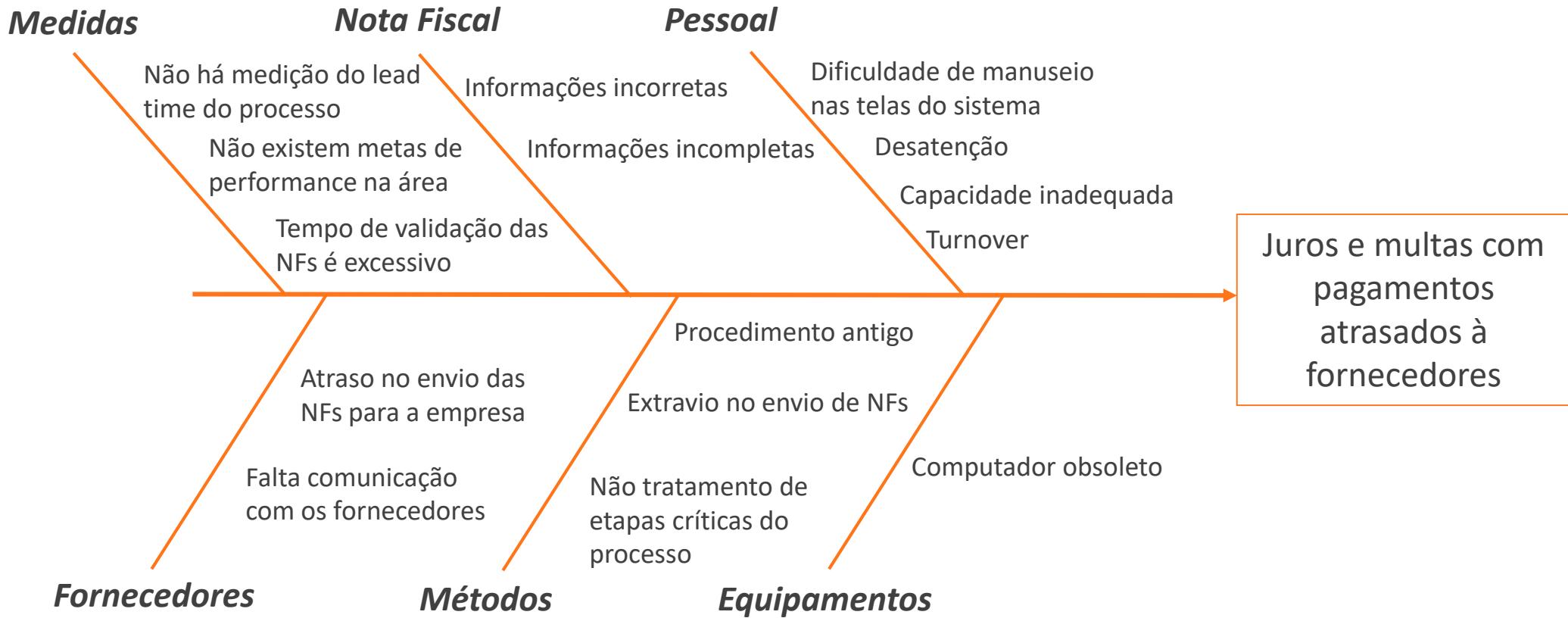
❖ *Espinha de Peixe*

A empresa **Tech Tudo** é uma empresa de manufatura de impressoras que está conduzindo um projeto Lean Seis Sigma Green Belt para otimizar o processo de pagamento de Notas Fiscais aos fornecedores na área de Contas a Pagar.

Após finalizar a fase de Definição do método DMAIC, o Green Belt líder do projeto terá que iniciar a busca pelas causas do problema na fase Medição. Para isso, além de mapear o processo em detalhe é necessário a elaboração de uma Espinha de Peixe.



❖ *Espinha de Peixe*



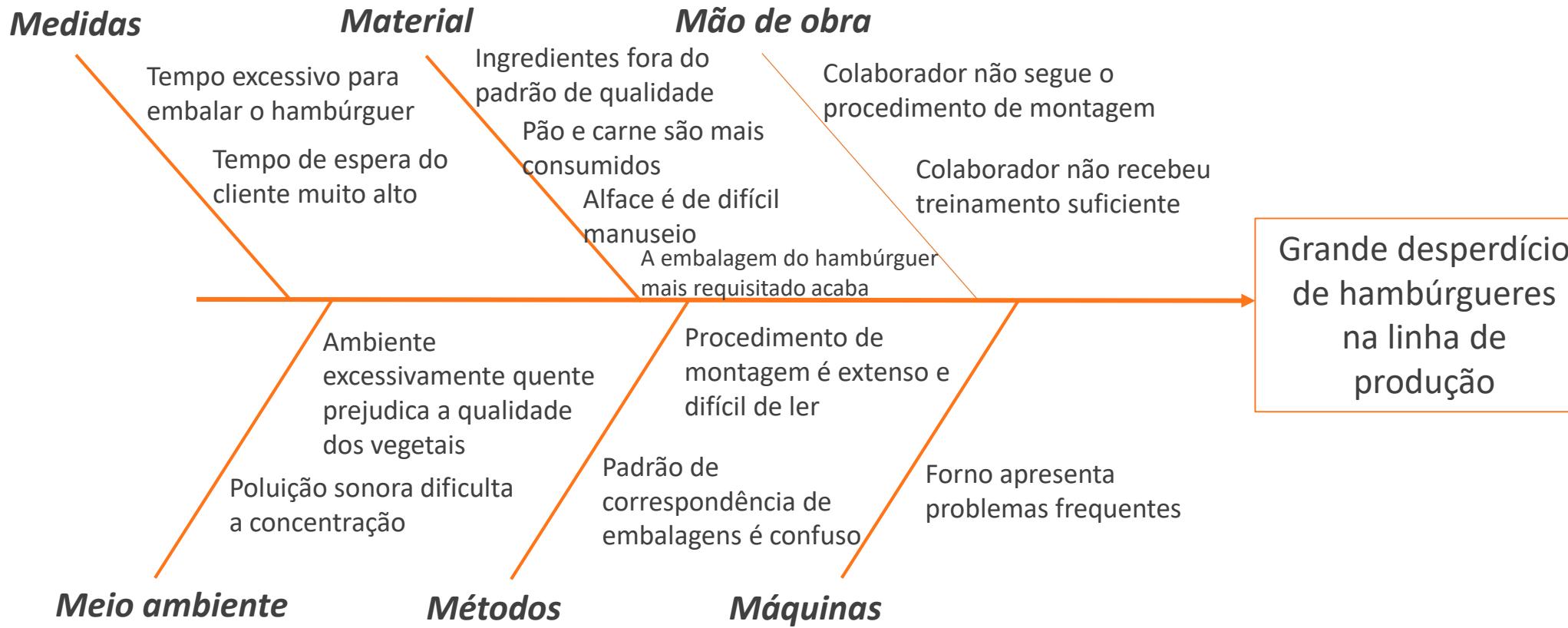
❖ **Tarefa Prática - Espinha de Peixe**



Em uma rede de restaurantes *fast food* será realizado um projeto para reduzir o desperdício de hambúrgueres na linha de produção. Após desenhar o Mapa de Processo da linha de produção e identificar alguns parâmetros críticos, o objetivo será avaliar a existência de outras causas potenciais através da Espinha de Peixe.

Verifique se as categorias do 6M são adequadas para a Espinha de Peixe do restaurante *fast food*. Registre o máximo de causas possíveis através de um *brainstorming*.

❖ Tarefa Prática – Espinha de Peixe





Módulo 3

DMAIC: Fase Medição

- Lição 1: Fase de Medição;*
- Lição 2: Mapa de Processo;*
- Lição 3: Espinha de Peixe;*
- Lição 4: Matriz Causa e Efeito;***
- Lição 5: Matriz Esforço x Impacto;*
- Lição 6: Conceitos de Estatística e Probabilidade;*
- Lição 7: Amostragem;*
- Lição 8: Introdução ao Minitab 18;*
- Lição 9: Estatística Descritiva;*



Módulo 3

DMAIC: Fase Medição

- Lição 10: Principais Distribuições de Probabilidade;*
- Lição 11: Distribuição Normal e Teste de Normalidade;*
- Lição 12: Gráficos Básicos;*
- Lição 13: Cartas de Controle;*
- Lição 14: Capabilidade do Processo;*
- Lição 15: Análise do Sistema de Medição (dados contínuos);*
- Lição 16: Análise do Sistema de Medição (dados discretos);*
- Lição 17: Dinâmica dos carrinhos;*
- Consolidação do Conhecimento.*



❖ *Matriz de Causa e Efeito*

É utilizada para **priorizar as entradas** do processo (causas/X's) de acordo com o **impacto que provoca em cada uma das saídas** (Y's) ou requerimentos do cliente.

Recomenda-se inclusive que sejam identificadas as principais entradas levantadas no Mapa de Processo e na Espinha de Peixe para desenvolvimento da ferramenta.



❖ *Matriz de Causa e Efeito*

Etapas aplicação da ferramenta:

1. Defina as saídas da matriz (Y's do Mapa de Processo) que serão utilizados (COLUNAS);
2. Defina um peso de 5 a 10 para cada saída;
3. Escreva todas as entradas da matriz (X's do Mapa de Processo e causas da Espinha de Peixe) que foram mapeadas (LINHAS);
4. Estabeleça a relação entre cada entrada e cada saída utilizando a seguinte legenda: 0 (não existe correlação), 1 (correlação fraca), 3 (correlação moderada) e 5 (correlação forte).
5. Multiplique o valor de cada célula pelo peso de cada saída;
6. Some os valores da linha para obter a nota final.



❖ Matriz de Causa e Efeito

ENTRADAS	SAÍDAS			RESULTADOS FINAIS
	SAÍDA 1	SAÍDA 2	SAÍDA 3	
PESO	5	8	10	
ENTRADA 1				
ENTRADA 2				
ENTRADA 3				
ENTRADA 4				
ENTRADA 5				
ENTRADA 6				
ENTRADA 7				
ENTRADA ...				

5 Correlação FORTE

1 Correlação FRACA

3 Correlação MODERADA

0 Correlação AUSENTE

❖ ***Exemplo - Matriz de Causa e Efeito***



Após mapear o processo da linha de produção dos hambúrgueres e levantar todas as causas potenciais do desperdício na Espinha de Peixe, vamos priorizar as causas utilizando a Matriz de Causa e Efeito.

Utilizamos as saídas identificadas no Mapa de Processo, ou seja, os principais parâmetros de produto (Y's) e as causas da Espinha de Peixe como as entradas da Matriz. Estabeleça um peso entre 5 e 10 para cada parâmetro de produto (saídas/Y's) e pontue toda interseção na Matriz de Causa e Efeito.

Quais são as causas com maior pontuação, ou seja, de maior impacto no resultado de interesse?

❖ Tarefa Prática – Matriz de Causa e Efeito



0 Correlação AUSENTE
1 Correlação FRACA
3 Correlação INTERMEDIÁRIA
5 Correlação FORTE

	PESO	SAÍDAS			RESULTADOS FINAIS
		y1 = Tempo de preparação	y2 = Qtd. hambúrgueres descartados	y3 = Itens corretos na bandeja	
x1	Tempo excessivo para embalar o hambúrguer	5	0	1	33
x2	Tempo de espera do cliente muito alto	5	0	0	25
x3	Ambiente quente prejudica qualidade dos vegetais	1	3	1	43
x4	Poluição sonora dificulta a concentração	3	3	3	69
x5	Ingredientes fora do padrão de qualidade	3	5	1	73
x6	Pão e carne são consumidos mais rapidamente	5	1	1	43
x7	Alface é de difícil manuseio	3	1	0	25
x8	A embalagem do hambúrguer mais solicitado acaba	0	0	1	8
x9	Procedimento de montagem de difícil compreensão	5	5	3	99
x10	Padrão de correspondência de embalagens é confuso	0	0	3	24
x11	Colaborador não segue o procedimento de montagem	3	3	1	53
x12	Colaborador recebeu treinamento insuficiente	3	3	3	69
x13	Forno apresenta problemas frequentes	3	1	1	33



Módulo 3

DMAIC: Fase Medição

- Lição 1: Fase de Medição;*
- Lição 2: Mapa de Processo;*
- Lição 3: Espinha de Peixe;*
- Lição 4: Matriz Causa e Efeito;*
- Lição 5: Matriz Esforço x Impacto;***
- Lição 6: Conceitos de Estatística e Probabilidade;*
- Lição 7: Amostragem;*
- Lição 8: Introdução ao Minitab 18;*
- Lição 9: Estatística Descritiva;*



Módulo 3

DMAIC: Fase Medição

- Lição 10: Principais Distribuições de Probabilidade;*
- Lição 11: Distribuição Normal e Teste de Normalidade;*
- Lição 12: Gráficos Básicos;*
- Lição 13: Cartas de Controle;*
- Lição 14: Capabilidade do Processo;*
- Lição 15: Análise do Sistema de Medição (dados contínuos);*
- Lição 16: Análise do Sistema de Medição (dados discretos);*
- Lição 17: Dinâmica dos carrinhos;*
- Consolidação do Conhecimento.*



❖ *Matriz Esforço x Impacto*

A matriz Causa e Efeito pode ser complementada pela **Matriz Esforço x Impacto**, na qual se avaliará para cada entrada quais são aquelas em que:

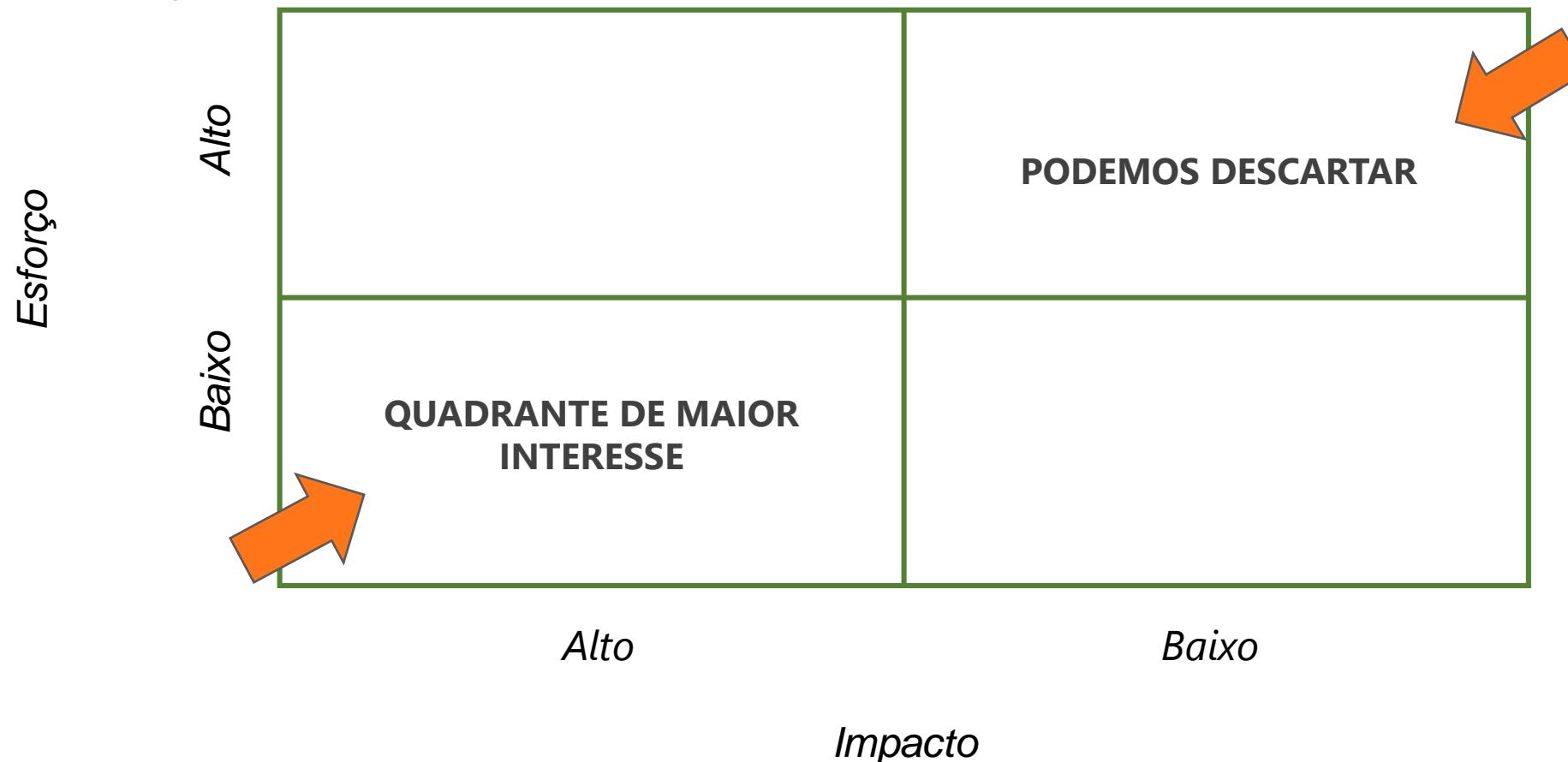
- Podemos atacar rapidamente e com facilidade;
- São prioritárias para solucionarmos o problema, mas exigem análises mais detalhadas e recurso (tempo, dinheiro, pessoas) para ataca-las;
- Podemos descartar já que geram impacto baixo sobre o problema e exigem recurso (tempo, dinheiro, pessoas).

O Impacto Alto ou Baixo é definido pela pontuação obtida na Matriz de Causa e Efeito. O **Esforço Alto ou Baixo corresponde** à necessidade de coleta de dados, análises mais aprofundadas, tempo e/ou recurso humano para definir a forma de solucionar.



❖ Matriz Esforço x Impacto

O foco são as entradas (X's) que se localizarem no quadrante Alto Impacto x Baixo Esforço.



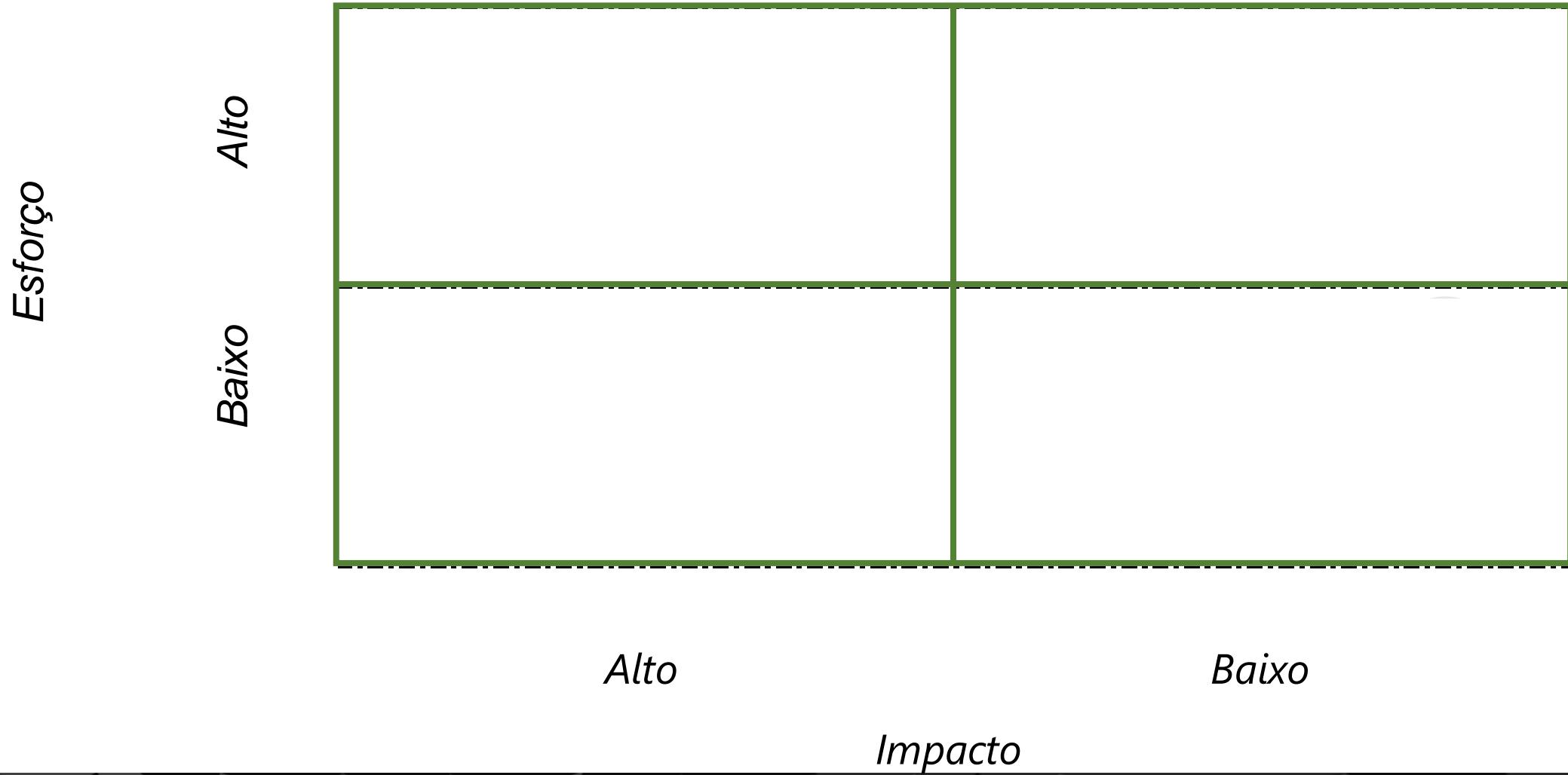
❖ **Tarefa Prática - Matriz Esforço x Impacto**



Após criar uma priorização das causas potenciais na Matriz de Causa e Efeito, devemos determinar, através da Matriz de Esforço x Impacto, quais são as causas prioritárias que vamos levar adiante no projeto. Para cada causa potencial classifique o Impacto como Alto ou Baixo e o Esforço como Alto ou Baixo.

Quais são as causas (X's) que foram registradas no quadrante de Alto Impacto e Baixo Esforço?

❖ Tarefa Prática – Matriz Esforço x Impacto





Módulo 3

DMAIC: Fase Medição

- Lição 1: Fase de Medição;*
- Lição 2: Mapa de Processo;*
- Lição 3: Espinha de Peixe;*
- Lição 4: Matriz Causa e Efeito;*
- Lição 5: Matriz Esforço x Impacto;*
- Lição 6: Conceitos de Estatística e Probabilidade;***
- Lição 7: Amostragem;*
- Lição 8: Introdução ao Minitab 18;*
- Lição 9: Estatística Descritiva;*



Módulo 3

DMAIC: Fase Medição

- Lição 10: Principais Distribuições de Probabilidade;*
- Lição 11: Distribuição Normal e Teste de Normalidade;*
- Lição 12: Gráficos Básicos;*
- Lição 13: Cartas de Controle;*
- Lição 14: Capabilidade do Processo;*
- Lição 15: Análise do Sistema de Medição (dados contínuos);*
- Lição 16: Análise do Sistema de Medição (dados discretos);*
- Lição 17: Dinâmica dos carrinhos;*
- Consolidação do Conhecimento.*



❖ Conceitos de Estatística e Probabilidade

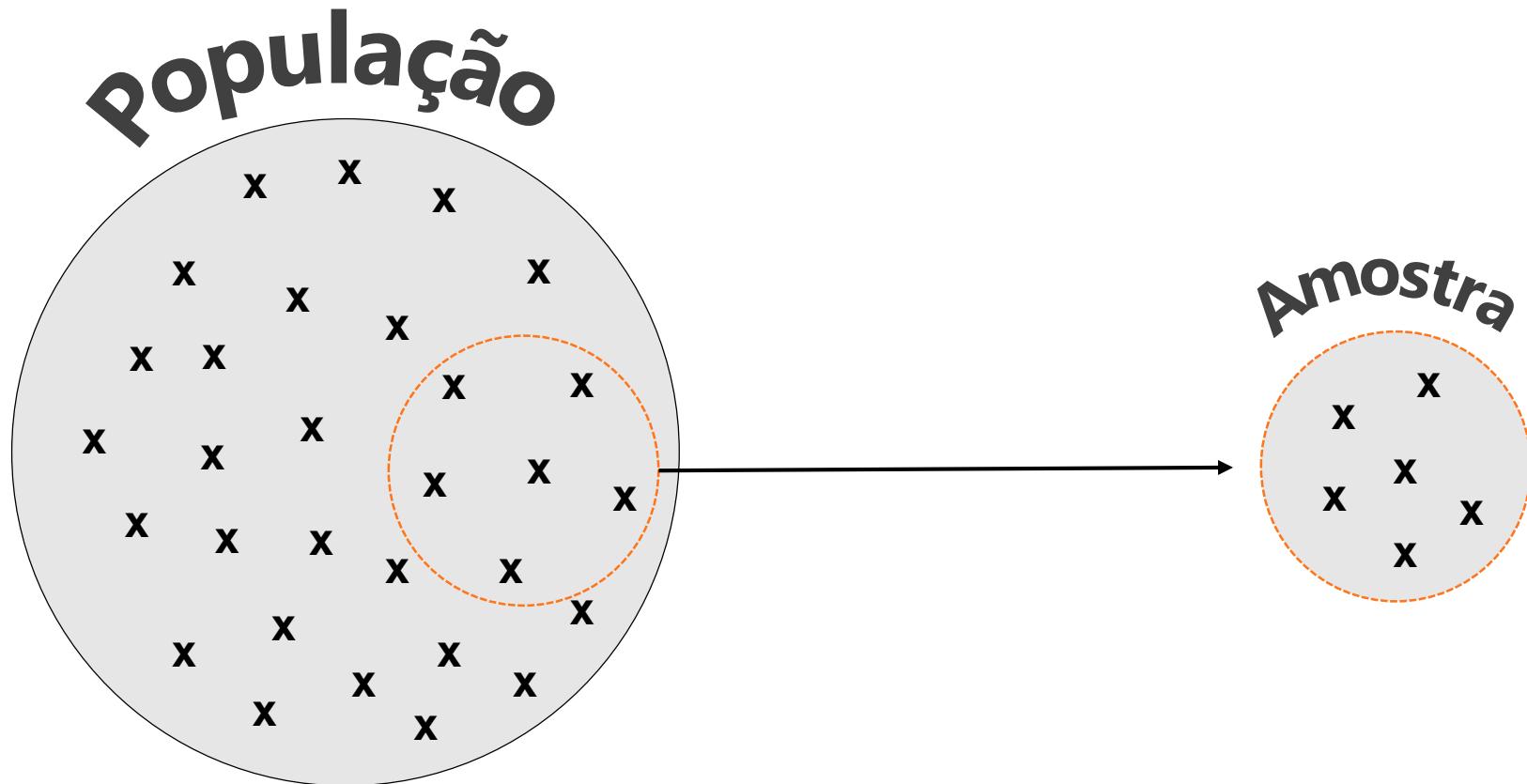
População:

- Uma população é o conjunto de todos os dados que descrevem algum fenômeno de interesse.

Amostra:

- Uma amostra** é um subconjunto de dados extraído de uma população.
- Como geralmente é impossível medir todas as observações que constituem a população, o mais frequente é que se trabalhe com amostras.
- Existem metodologias de amostragem que determinam os tamanhos e frequências ideais para cada caso.

❖ Conceitos de Estatística e Probabilidade





❖ Conceitos de Estatística e Probabilidade

- ❑ Quando uma dona de casa quer saber se colocou o suficiente de sal em sua sopa, ela pega uma colher e prova a sopa. **Uma pequena amostra ajuda a tirar conclusões sobre a totalidade.**
- ❑ **Princípio da probabilidade:** a dona de casa poderia ter provado justamente a porção da sopa mais salgada ou a que possui menor quantidade de sal, mas a probabilidade disso ocorrer é muito pequena. **Quantas vezes o teste da sopa falha? Poucas!**
- ❑ O **grau de confiança** indica a probabilidade de que a amostra escolhida representa bem o todo que se queria estudar.



Uma dona de casa provando sua sopa...



❖ Conceitos de Estatística e Probabilidade

- ❑ Em uma pesquisa eleitoral, a escolha dos entrevistados é muito importante.
- ❑ **Princípio da causalidade:** a amostra deve representar bem o conjunto todo, respeitando a causalidade da escolha. A amostra precisa ser **aleatória** já que todos devem ter a mesma chance de serem escolhidos para participar da pesquisa.
- ❑ A **margem de erro** ocorre sempre que não é possível fazer uma pesquisa exaustiva, ou seja, entrevistar toda a população. A diferença do resultado de uma pesquisa feita com toda a população e somente parte da população é a margem de erro.



O resultado da pesquisa possui 95% de confiança e uma margem de erro de 2 p.p para mais ou para menos...



❖ Conceitos de Estatística e Probabilidade

❑ Curiosidade...

Tamanho da população	Margem de Erro Desejada					
	1%	2%	3%	4%	5%	10%
<1.000					222	83
1.000				385	286	91
1.500		638	441	316	94	
2.000		714	476	333	95	
2.500	1.250	769	500	345	96	
3.000	1.364	811	517	353	97	
3.500	1.458	843	530	359	97	
4.000	1.538	870	541	364	98	
4.500	1.607	891	549	367	98	
5.000	1.667	909	566	370	98	
6.000	1.765	938	574	375	98	
7.000	1.842	949	579	378	99	
8.000	1.905	976	584	381	99	
9.000	1.957	989	592	383	99	
10.000	5.000	2.000	1.000	600	383	99
15.000	6.000	2.143	1.034	606	390	99
20.000	6.667	2.222	1.053	606	392	100
25.000	7.143	2.273	1.064	610	394	100
50.000	8.333	2.381	1.087	617	397	100
100.000	9.091	2.439	1.099	621	398	100
>100.000	10.000	2.500	1.111	625	400	100

H. Arkin, R. Colton. Tables for Statisticians
(Editora Barnes e Noble).



Módulo 3

DMAIC: Fase Medição

- Lição 1: Fase de Medição;*
- Lição 2: Mapa de Processo;*
- Lição 3: Espinha de Peixe;*
- Lição 4: Matriz Causa e Efeito;*
- Lição 5: Matriz Esforço x Impacto;*
- Lição 6: Conceitos de Estatística e Probabilidade;*
- Lição 7: Amostragem;***
- Lição 8: Introdução ao Minitab 18;*
- Lição 9: Estatística Descritiva;*



Módulo 3

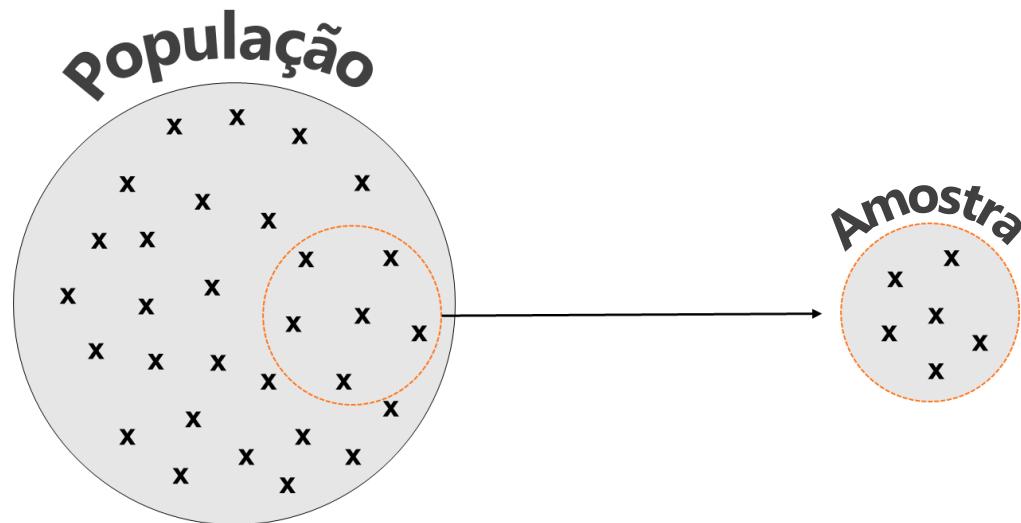
DMAIC: Fase Medição

- Lição 10: Principais Distribuições de Probabilidade;*
- Lição 11: Distribuição Normal e Teste de Normalidade;*
- Lição 12: Gráficos Básicos;*
- Lição 13: Cartas de Controle;*
- Lição 14: Capabilidade do Processo;*
- Lição 15: Análise do Sistema de Medição (dados contínuos);*
- Lição 16: Análise do Sistema de Medição (dados discretos);*
- Lição 17: Dinâmica dos carrinhos;*
- Consolidação do Conhecimento.*



❖ Métodos de Amostragem

- ❑ A amostragem é o processo de se coletar uma porção dos dados de uma população e estabelecer conclusões confiáveis sobre esses dados.
- ❑ Para que as conclusões sejam confiáveis, **é fundamental a amostra ser representativa da população** da qual foi extraída.





❖ *Métodos de Amostragem*

- Os métodos de amostragem são divididos em Probabilísticos e Não Probabilísticos. **Iremos focar nos métodos probabilísticos.**

Amostragem Probabilística: é quando todos os membros da população tiveram a mesma chance de serem selecionados para compor a amostra. Podemos calcular os limites de confiabilidade e erros de amostragem.

Amostragem Não Probabilística: é uma amostragem intencionada, ou seja, a seleção dos elementos depende do julgamento do pesquisador ou entrevistador.

❖ Métodos de Amostragem



Amostragem não probabilística

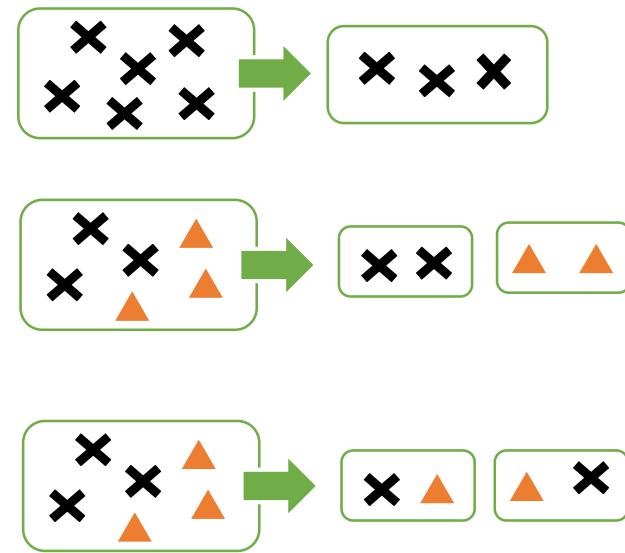
Amostragem	Características
Amostragem por conveniência	São escolhidos os elementos mais fáceis ou acessíveis.
Amostragem por julgamento	Com base na experiência do pesquisador, são escolhidos elementos considerados os mais adequados para fornecer as informações desejadas.
Amostragem por cotas	Com base na experiência do pesquisador, um número mínimo de elementos pertencentes à população é definido. Em um segundo momento, os elementos são selecionados por conveniência.

❖ Métodos de Amostragem



Amostragem Probabilística

Amostragem	Características
Amostragem Aleatória Simples	Todo elemento da população tem a mesma chance de ser escolhido.
Amostragem Aleatória Estratificada	A população é dividida em grupos homogêneos em relação a uma característica de interesse. Amostras aleatórias são selecionadas de cada grupo (estratos). Exemplo: separação por idade.
Amostragem por Conglomerado	A população é dividida em grupos heterogêneos internamente, mas semelhantes entre si. Exemplo: separação por quarteirões.



❖ Métodos de Amostragem



Amostragem Aleatória Simples

Procedimento:

- É necessário possuir uma lista com todos os elementos da população;
- Os elementos da população são enumerados;
- Os elementos são aleatoriamente selecionados até completar o tamanho da amostra.



❖ *Métodos de Amostragem*

- ❑ Existem três fatores que determinam o tamanho de uma amostra:
 - ❑ **Nível de confiança adotado ($1 - \alpha$)**: representa a chance de que a amostra contenha o valor verdadeiro da característica da população. Quanto maior o nível de confiança desejado, maior será o tamanho da amostra.
 - ❑ **Precisão da estimativa**: representa a diferença (erro) máxima permitida entre o resultado obtido e o valor verdadeiro da característica de interesse da população. Quanto maior a precisão desejada, maior o tamanho da amostra.
 - ❑ **Variabilidade da população**: quanto mais semelhantes forem os elementos da população, menor terá que ser o tamanho da amostra.



❖ Tamanho de Amostra

Cálculo de tamanho de amostra para dados contínuos

Nível de Confiança	$Z_{\alpha/2}$
90%	1,645
95%	1,96
95,5%	2,00
99%	2,575

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2} s_x}{E} \right)^2$$

Onde:

- ❑ E = precisão da estimativa;
- ❑ $Z_{\alpha/2}$ = valor da variável normal padrão associado ao nível de confiança;
- ❑ s_x = desvio padrão da amostra, podendo ser baseada em um histórico ou amostra piloto.



❖ *Tamanho de Amostra*

Exemplo

- ❑ Um supervisor de uma linha de produção de barras de aço decidiu fazer um estudo sobre os dados do seu processo referente à espessura do produto e para isso ele precisa determinar o tamanho amostral necessário para realizar a análise.

- ❑ Ele dispõe das seguintes informações:
 - ❑ O nível de confiança necessário para o teste é de 95%, ou seja, $\alpha = 5\%$;
 - ❑ A precisão da estimativa = 0,2 cm;
 - ❑ Variabilidade estimada = 1,3 cm.



❖ Tamanho de Amostra

- Com o valor de $Z_{\alpha/2}$ em mãos, podemos calcular o tamanho amostral:

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2} s_x}{E} \right)^2 \longrightarrow n = \left(\frac{1,96 \cdot 1,3}{0,2} \right)^2$$

n = 162,31 ≈ 163 valores



❖ Tamanho de Amostra

Cálculo de Tamanho de Amostra para Dados Discretos

Nível de Confiança	$Z_{\alpha/2}$
90%	1,645
95%	1,96
95,5%	2,00
99%	2,575

$$n = \bar{p} (1 - \bar{p}) \left(\frac{Z_{\alpha/2}}{E} \right)^2$$

Onde:

- E = precisão da estimativa;
- $Z_{\alpha/2}$ = valor da variável normal padrão associado ao nível de confiança;
- P = proporção estimada do evento que deve ser baseada em um histórico ou em uma amostra piloto.



❖ *Tamanho de Amostra*

Exemplo

- ❑ O responsável pelo setor de qualidade de uma grande rede varejista deseja estimar o intervalo de confiança para a proporção de itens devolvidos pelos clientes e para isso ele precisa determinar o tamanho de amostra adequado.

Ele dispõe das seguintes informações:

- ❑ O nível de confiança necessário para o teste é de 95%, ou seja, $\alpha = 5\%$;
- ❑ A precisão da estimativa = 2%;
- ❑ Proporção histórica de itens devolvidos = 13,5%.



❖ Tamanho de Amostra

- ❑ Podemos então calcular o tamanho amostral:

$$n = \bar{p} (1 - \bar{p}) \left(\frac{Z_{\alpha/2}}{E} \right)^2 \rightarrow n = 0,135 \cdot (1 - 0,135) \cdot \left(\frac{1,96}{0,02} \right)^2$$

$n = 1.121,50 \approx 1.122$ valores



❖ *Tamanho de Amostra*

Cálculo de tamanho de amostra quando o tamanho da população é conhecida

- O método é utilizado por meio da relação:

$$n_0 = \frac{1}{E_0^2}$$

Onde:

- n_0 = primeira aproximação do tamanho da amostra;
- E_0 = erro amostral tolerável.



❖ *Tamanho de Amostra*

- ❑ Com o resultado anterior você tem uma estimativa, sendo necessária uma correção para a determinação do tamanho de amostra mais adequado.

$$n = \frac{N \cdot n_0}{N + n_0}$$

Onde:

- ❑ N = tamanho da população;
- ❑ n_0 = primeira aproximação do tamanho da amostra;
- ❑ n = tamanho final da amostra.



❖ Tamanho de Amostra

Exemplo:

- Desejo fazer uma pesquisa de opinião em uma cidade com população de 150 mil habitantes, considerando um erro amostral tolerável de 2%. Qual o tamanho de amostra mais adequado?
- $n_0 = \frac{1}{E_0^2}$ $n_0 = 1 / (0,02)^2 = 2.500$
- $n = \frac{N \cdot n_0}{N + n_0}$ $n = (150.000 \times 2.500) / (150.000 + 2.500) = 2.459,016 \approx 2.459$ dados

Tamanho da amostra = 2.459 entrevistados



Módulo 3

DMAIC: Fase Medição

- Lição 1: Fase de Medição;*
- Lição 2: Mapa de Processo;*
- Lição 3: Espinha de Peixe;*
- Lição 4: Matriz Causa e Efeito;*
- Lição 5: Matriz Esforço x Impacto;*
- Lição 6: Conceitos de Estatística e Probabilidade;*
- Lição 7: Amostragem;*
- Lição 8: Introdução ao Minitab 18;***
- Lição 9: Estatística Descritiva;*



Módulo 3

DMAIC: Fase Medição

- Lição 10: Principais Distribuições de Probabilidade;*
- Lição 11: Distribuição Normal e Teste de Normalidade;*
- Lição 12: Gráficos Básicos;*
- Lição 13: Cartas de Controle;*
- Lição 14: Capabilidade do Processo;*
- Lição 15: Análise do Sistema de Medição (dados contínuos);*
- Lição 16: Análise do Sistema de Medição (dados discretos);*
- Lição 17: Dinâmica dos carrinhos;*
- Consolidação do Conhecimento.*

Introdução ao Minitab 18



Arquivo Editar Dados Calc Estat Gráfico Editor Ferramentas Janela Ajuda Assistente

Session

Dados alimentados sempre em colunas – cada variável em uma coluna

Worksheets 1 ***

C1 C2 C3 C4 C5 C6 C7 C8 C9 C10 C11 C12 C13 C14 C15 C16 C17 C18 C19 C20 C21

1
2
3
4
5
6
7
8
9

Project Manager

Menu

Janela para observação do memorial de cálculo e análises estatísticas.

Planilha de dados (Base de Dados)



❖ Introdução ao Minitab 18

Abra o Minitab 18 e digite os dados colocados no quadro abaixo na planilha em branco.

+	C1	C2	C3-T	C4-D
	X	Y	Status	Tempo
1	100	10	Aceito	jan/15
2	98	9	Não Aceito	fev/15
3	101	10	Aceito	mar/15
4	128	12	Não Aceito	abr/15
5	98	9	Não Aceito	mai/15
6	96	9	Não Aceito	jun/15
7	100	10	Aceito	jul/15

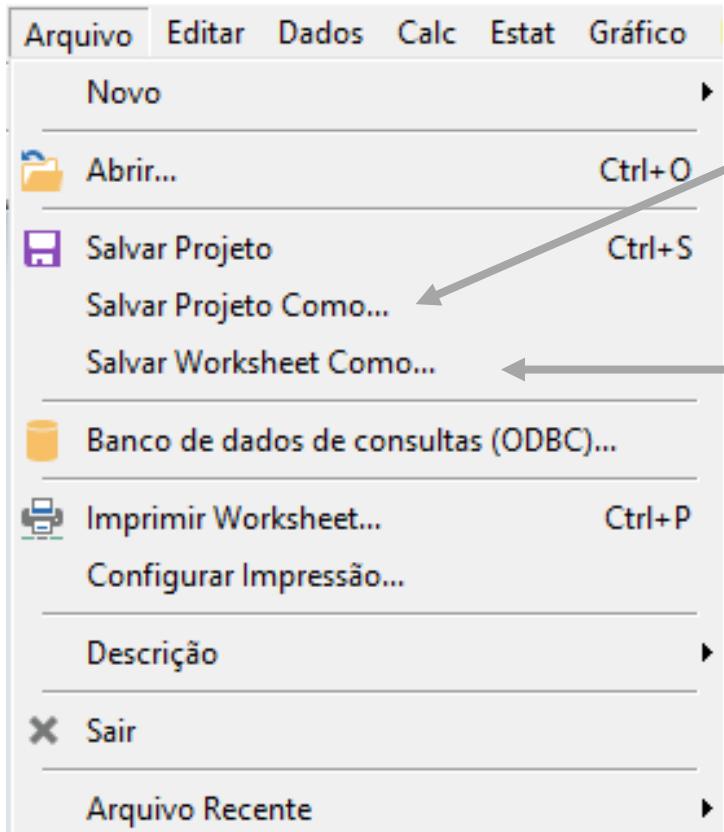
"T" indica que a coluna C3-T contém informações de texto

"D" indica que a coluna C4-D contém informações de data

Título da Coluna – Não é considerado na análise. Serve apenas como orientação e é opcional.



❖ Introdução ao Minitab 18



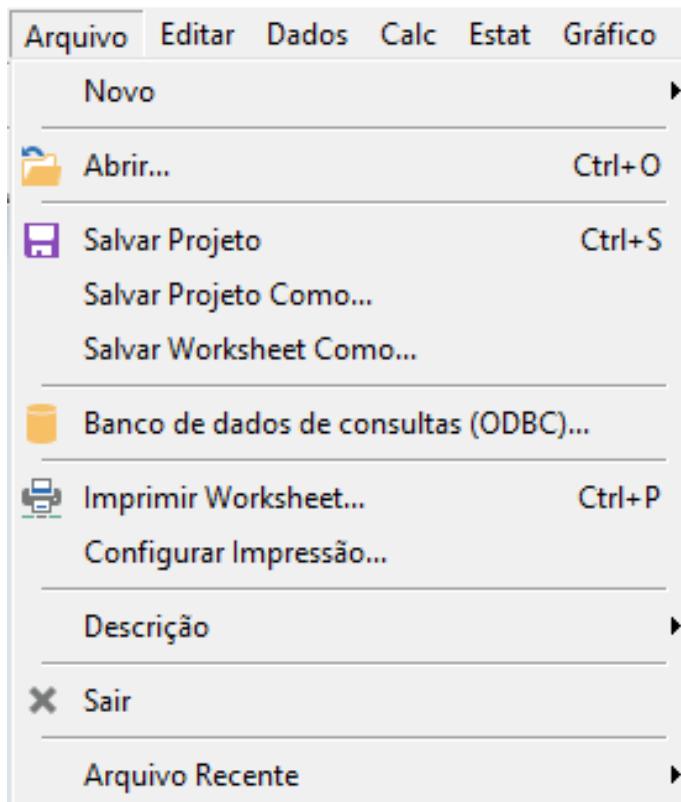
Salva o projeto, incluindo
várias worksheet, gráficos e
análises.

Salva apenas as modificações
feitas na worksheet atual de
trabalho.



❖ *Introdução ao Minitab 18*

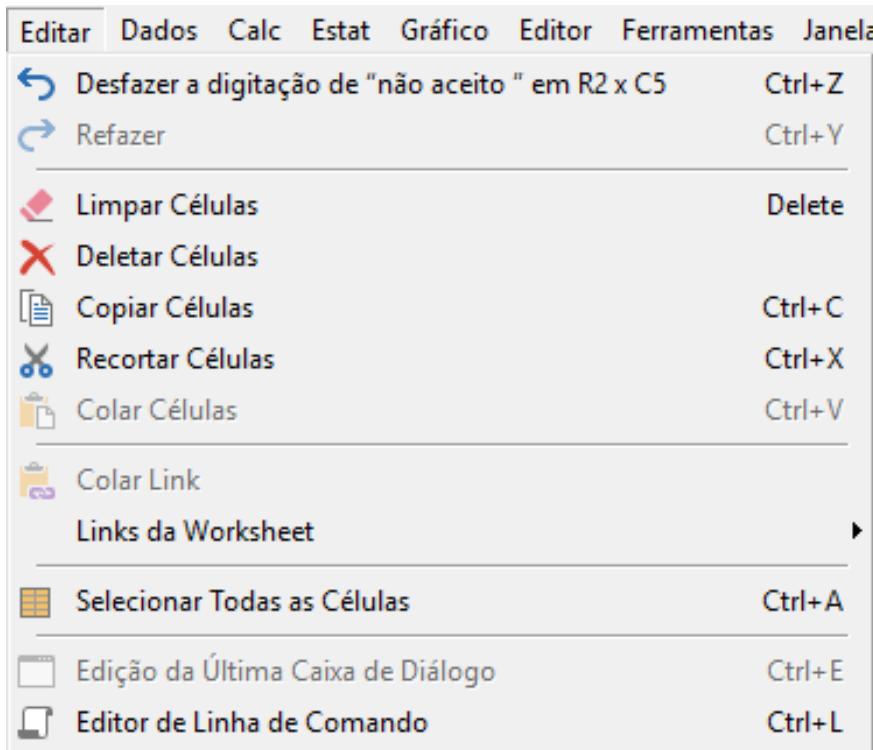
Menu de comandos relativos ao arquivo aberto, com opções de abrir, salvar e imprimir um determinado arquivo.





❖ Introdução ao Minitab 18

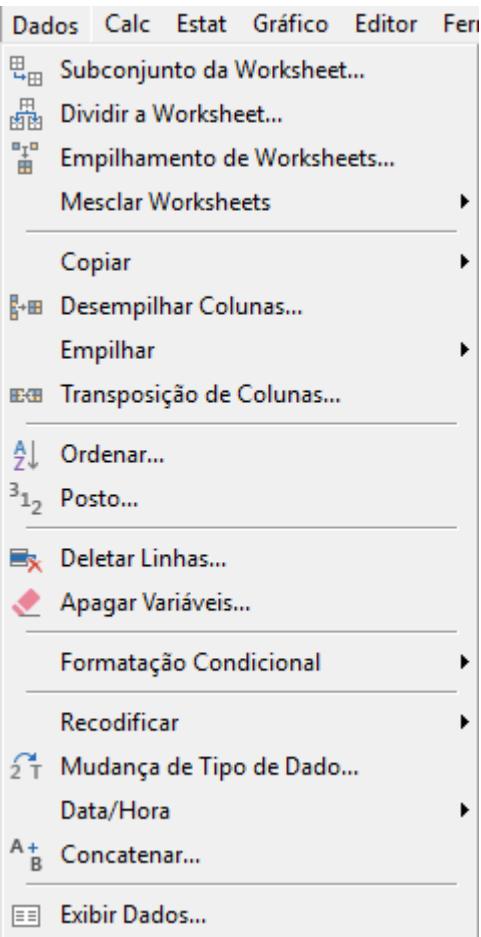
Editar de uma forma geral (limpar, deletar, copiar, recortar) as células da planilha do arquivo.





❖ *Introdução ao Minitab 18*

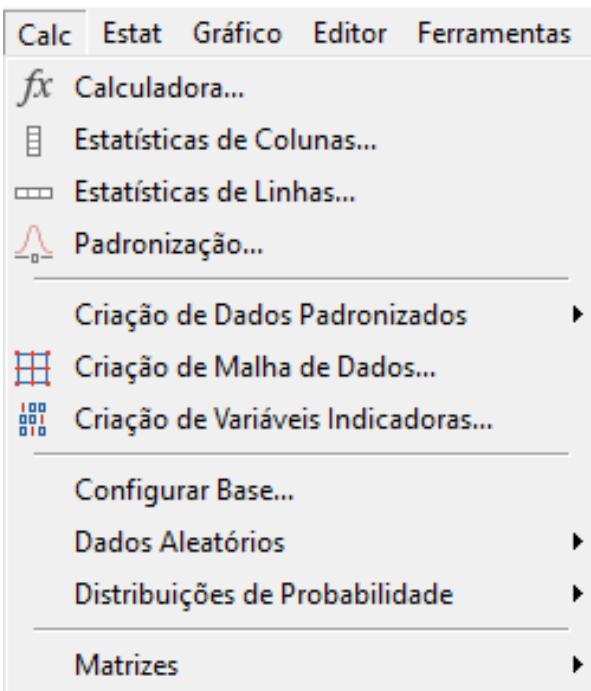
Opções de manuseio geral do conteúdo da planilha de dados, bem como o formato das variáveis (texto, data e número).





❖ *Introdução ao Minitab 18*

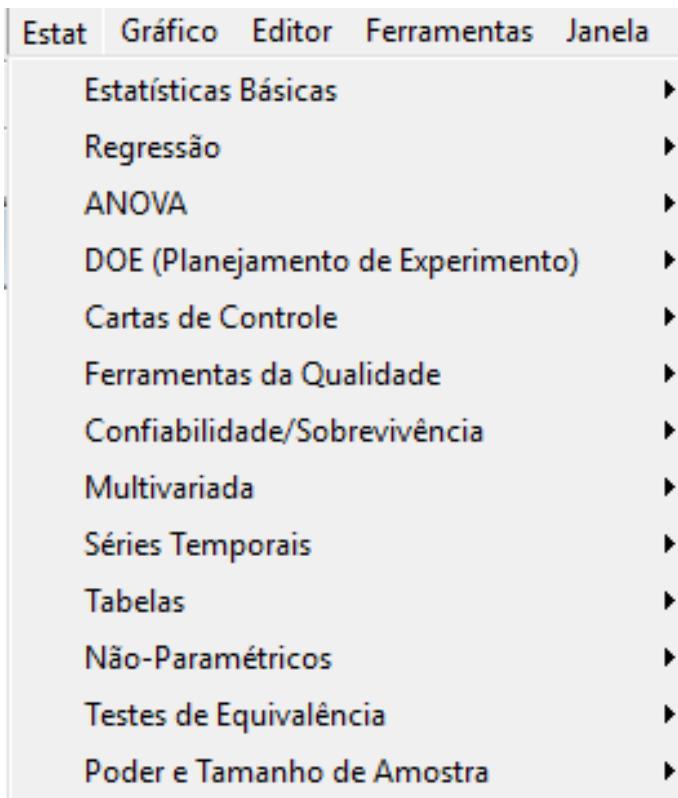
Diversas opções de cálculos com os dados da planilha de dados, além da geração de dados que seguem uma determinada distribuição.





❖ *Introdução ao Minitab 18*

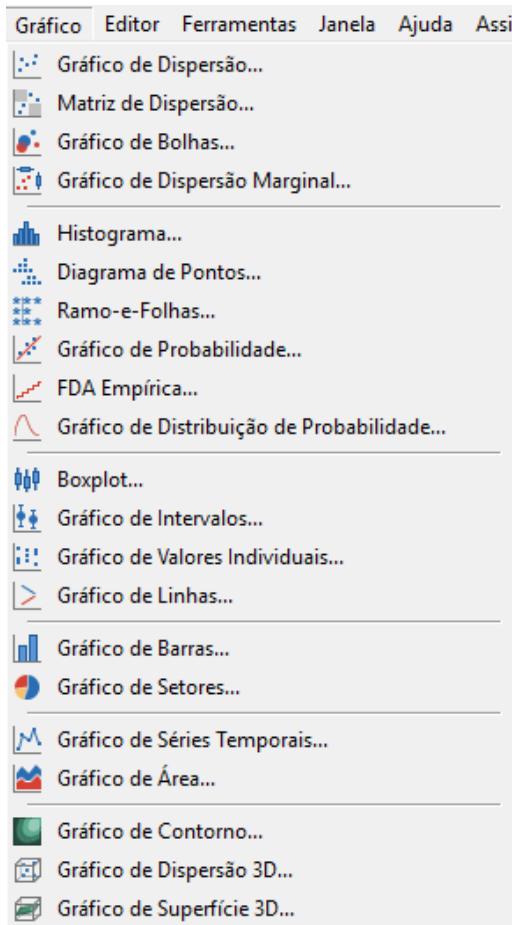
Diversas opções de análises e testes estatísticos, bem como diversas ferramentas da qualidade.





❖ *Introdução ao Minitab 18*

Funcionalidades para traduzir os dados compilados na planilha em gráficos para análise estatística
(Gráfico de Dispersão, Histograma, Boxplot).





❖ Introdução ao Minitab 18

Oferece ajuda ao usuário

Voltar para a última função utilizadas

Mostrar todas as planilhas abertas

Mostrar todos os gráficos abertos



Módulo 3

DMAIC: Fase Medição

- Lição 1: Fase de Medição;*
- Lição 2: Mapa de Processo;*
- Lição 3: Espinha de Peixe;*
- Lição 4: Matriz Causa e Efeito;*
- Lição 5: Matriz Esforço x Impacto;*
- Lição 6: Conceitos de Estatística e Probabilidade;*
- Lição 7: Amostragem;*
- Lição 8: Introdução ao Minitab 18;*
- Lição 9: Estatística Descritiva;***



Módulo 3

DMAIC: Fase Medição

- Lição 10: Principais Distribuições de Probabilidade;*
- Lição 11: Distribuição Normal e Teste de Normalidade;*
- Lição 12: Gráficos Básicos;*
- Lição 13: Cartas de Controle;*
- Lição 14: Capabilidade do Processo;*
- Lição 15: Análise do Sistema de Medição (dados contínuos);*
- Lição 16: Análise do Sistema de Medição (dados discretos);*
- Lição 17: Dinâmica dos carrinhos;*
- Consolidação do Conhecimento.*

❖ *Tipos de dados*



Dados Discretos

Dados discretos ou atributos são resultantes de contagens ou de classificações do tipo passa / não passa, perfeito / defeituoso.

“O que você conta”

Dados Contínuos

Resultantes de medições de características como temperatura, volume, peso, etc. Entre dois valores quaisquer existem infinitos valores de medição.

“O que você mede”

Complete com D (discreto) ou C (contínuo)

- (C) Peso da embalagem (gramas)
- (D) Quantidade de reclamações
- (D) Produtos reprovados
- (D) Quantidade de filhos
- (C) Tempo entrega produto (segundos)
- (C) Renda familiar (R\$)

- (C) Volume em uma garrafa (ml)
- (D) Quantidade de itens defeituosos
- (D) Relatórios com erro
- (C) Temperatura do forno (°C)
- (C) Volume de sucata produzida (kg)
- (D) Quantidade de turnos



❖ *Estatística Descritiva*

Medidas **Descritivas** da estatística:

Medidas de LOCAÇÃO:

- Média (X -barra)
- Mediana (X -til ou Q_2)
- Quartis (Q_1 e Q_3)

Medidas de VARIABILIDADE:

- Amplitude (R)
- Desvio padrão (s)



❖ Definição de Média

A média é o **centro de massa** de um conjunto de dados e é a estatística mais utilizada para representar a locação dos dados.

$$\bar{x} = \frac{\text{soma de todos os dados}}{\text{número de dados somados}}$$

Exemplo: um empresa mediu durante 10 dias a quantidade de itens defeituosos fabricados em sua linha de produção. Os dados medidos de segunda a sexta foram: 6, 9, 6, 5, 1, 7, 4, 2, 5, 5.

Qual é o valor médio de itens defeituosos? $\bar{x} = 5$



❖ Definição de Mediana

A Mediana é a medida de **posicionamento central** dos dados. É o termo central de um conjunto de dados colocados em ordem crescente ou decrescente. Se a quantidade de valores ordenados for ímpar, a mediana é exatamente o número localizado no meio da lista. Se a quantidade de valores ordenados for par a mediana é calculada como a média dos dois valores centrais.

$$\tilde{x} = x_{(n/2)+1} \quad \text{ou} \quad \tilde{x} = \frac{x_{(n/2)} + x_{(n/2)+1}}{2}$$

Exemplo: um empresa mediu durante 10 dias a quantidade de itens defeituosos fabricados em sua linha de produção. Os dados medidos de segunda a sexta foram: 6, 9, 6, 5, 1, 7, 4, 2, 5, 5.

Qual é o valor mediano de itens defeituosos?

$$\tilde{x} = 5$$



❖ *Definição de Quartil*

Os Quartis são medidas de pontos padrão em relação a **posicionamento** dos dados.

- O primeiro quartil (Q1) é o valor que divide o conjunto de dados em 25% dos dados abaixo do Q1 e 75% dos dados acima do Q1.
- O segundo quartil é também a mediana.
- O terceiro quartil (Q3) é o valor que divide o conjunto de dados em 75% dos dados abaixo de Q3 e 25% dos dados acima de Q3.

Exemplo: um empresa mediu durante 10 dias a quantidade de itens defeituosos fabricados em sua linha de produção. Os dados medidos de segunda a sexta foram: 6, 9, 6, 5, 1, 7, 4, 2, 5, 5.

Qual é o valor do Q1, Q2 e Q3?

$Q1 = 3,5$ $Q2 = 5$ $Q3 = 6$

❖ ***Definição de Amplitude***



A amplitude é a **diferença entre o maior e o menor** valores de um conjunto de dados e se baseia somente nos valores extremos do conjunto de dados.

$$R = MAX - MIN$$

Exemplo: um empresa mediu durante 10 dias a quantidade de itens defeituosos fabricados em sua linha de produção. Os dados medidos de segunda a sexta foram: 6, 9, 6, 5, 1, 7, 4, 2, 5, 5.

Qual é o valor da amplitude dos dados? $R = 9 - 1 = 8$



❖ *Definição de Desvio Padrão*

Desvio Padrão: é a variação média do processo em relação ao valor da média do mesmo. Se o desvio padrão for alto, o processo possui muita variabilidade, mas se o desvio padrão for baixo o processo apresenta pouca variabilidade. Quanto menor o desvio padrão, melhor será o processo.

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Exemplo: um empresa mediu durante 10 dias a quantidade de itens defeituosos fabricados em sua linha de produção. Os dados medidos de segunda a sexta foram: 6, 9, 6, 5, 1, 7, 4, 2, 5, 5.

Qual é o valor do desvio padrão? $s = 2,3$

❖ *Estatística Descritiva no Minitab*



❑ **Exemplo:** um empresa mediu durante 10 dias a quantidade de itens defeituosos fabricados em sua linha de produção. Os dados medidos de segunda a sexta foram: 6, 9, 6, 5, 1, 7, 4, 2, 5, 5. **Calcule a Estatística Descritiva para os dados fornecidos utilizando o Minitab.**

Estatísticas Descritivas: Itens Defeituosos

Estatísticas

Variável	Contagem									
	Total	Média	DesvPad	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	Amplitude	
Itens Defeituosos	10	5,000	2,309	1,000	3,500	5,000	6,250	9,000	8,000	

❖ Estatística Descritiva no Minitab



- ❑ No Minitab preencha o Worksheet com os dados fornecidos e depois clique em Estat
-> Estatísticas Básicas -> Exibição de Estatísticas Descritivas...

The image shows the Minitab software interface. On the left, a worksheet titled 'Worksheet 1 ***' displays a table with two columns: 'C1-T' and 'C2'. The first column contains days of the week, and the second column contains numerical values representing defective items. A red circle labeled '1' highlights the table. On the right, the Minitab menu bar is shown, with the 'Estat' (Statistics) option highlighted. A red circle labeled '2' highlights the 'Estatísticas Básicas' option under the 'Estat' menu. A sub-menu for 'Estatísticas Básicas' is open, listing various statistical tests and analyses. The 'Exibição de Estatísticas Descritivas...' option is at the top of this list, also highlighted with a red circle.

C1-T	C2
Dias	Itens Defeituosos
Segunda	6
Terça	9
Quarta	6
Quinta	5
Sexta	1
Segunda	7
Terça	4
Quarta	2
Quinta	5
Sexta	5

Arquivo Editar Dados Calc Estat Gráfico Editor Ferramentas Janela Ajuda Assistente

Estatísticas Básicas

- Regressão
- ANOVA
- DOE (Planejamento de Experimento)
- Cartas de Controle
- Ferramentas da Qualidade
- Confiabilidade/Sobrevivência
- Multivariada
- Séries Temporais
- Tabelas
- Não-Paramétricos
- Testes de Equivalência
- Poder e Tamanho de Amostra
- Exibição de Estatísticas Descritivas...
- Armazenamento de Estatísticas Descritivas...
- Sumário Gráfico...
- Teste Z para 1 Amostra...
- Teste t para 1 Amostra...
- Teste t para 2 Amostras...
- Teste t pareado...
- Teste para 1 Proporção...
- Teste para 2 Proporções...
- Teste da Taxa de Poisson para 1 Amostra...
- Teste da Taxa de Poisson para 2 Amostras...
- Teste para 1 Variância...
- Teste para 2 Variâncias...
- Correlação...
- Covariância...
- Teste de Normalidade...
- Teste de Outlier...
- Teste de Qualidade de Ajuste para Poisson...

❖ Estatística Descritiva no Minitab



- ❑ Na janela aberta, selecione a coluna “Itens Defeituosos” no campo Variáveis. Clique em Estatísticas para uma nova janela se abrir.
- ❑ Na janela de Exibição de Estatísticas Descritivas, escolha as medidas que deseja calcular e clique em OK duas vezes para finalizar.

3

4

C2 Itens Defeituosos

Variáveis:
Itens Defeituoso

Por variáveis (opcional):

Selecionar Estatísticas... Gráficos...

Ajuda OK Cancelar

Média EP da média Desvio padrão Variância Coeficiente de variação

Média aparada Soma Mínimo Máximo Amplitude

N não-faltantes N faltantes N total N Acumulado Percentual Percentual acumulado

Primeiro quartil Mediana Terceiro quartil Amplitude interquartílica Moda

Soma de quadrados Assimetria Curtose MDQS

Estatísticas de verificação
Padrão Nenhum Todas

Ajuda OK Cancelar



Módulo 3

DMAIC: Fase Medição

- Lição 1: Fase de Medição;*
- Lição 2: Mapa de Processo;*
- Lição 3: Espinha de Peixe;*
- Lição 4: Matriz Causa e Efeito;*
- Lição 5: Matriz Esforço x Impacto;*
- Lição 6: Conceitos de Estatística e Probabilidade;*
- Lição 7: Amostragem;*
- Lição 8: Introdução ao Minitab 18;*
- Lição 9: Estatística Descritiva;*



Módulo 3

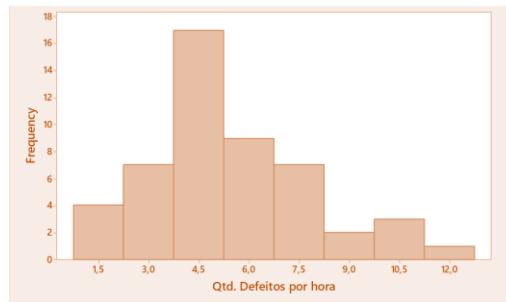
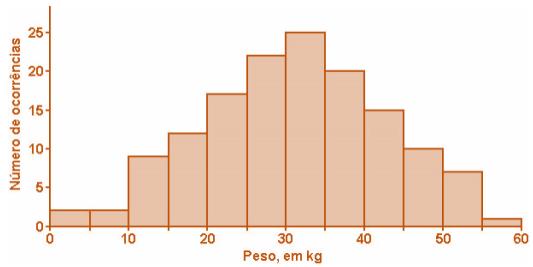
DMAIC: Fase Medição

- Lição 10: Principais Distribuições de Probabilidade;***
- Lição 11: Distribuição Normal e Teste de Normalidade;*
- Lição 12: Gráficos Básicos;*
- Lição 13: Cartas de Controle;*
- Lição 14: Capabilidade do Processo;*
- Lição 15: Análise do Sistema de Medição (dados contínuos);*
- Lição 16: Análise do Sistema de Medição (dados discretos);*
- Lição 17: Dinâmica dos carrinhos;*
- Consolidação do Conhecimento.*



❖ *Principais Distribuições de Probabilidade*

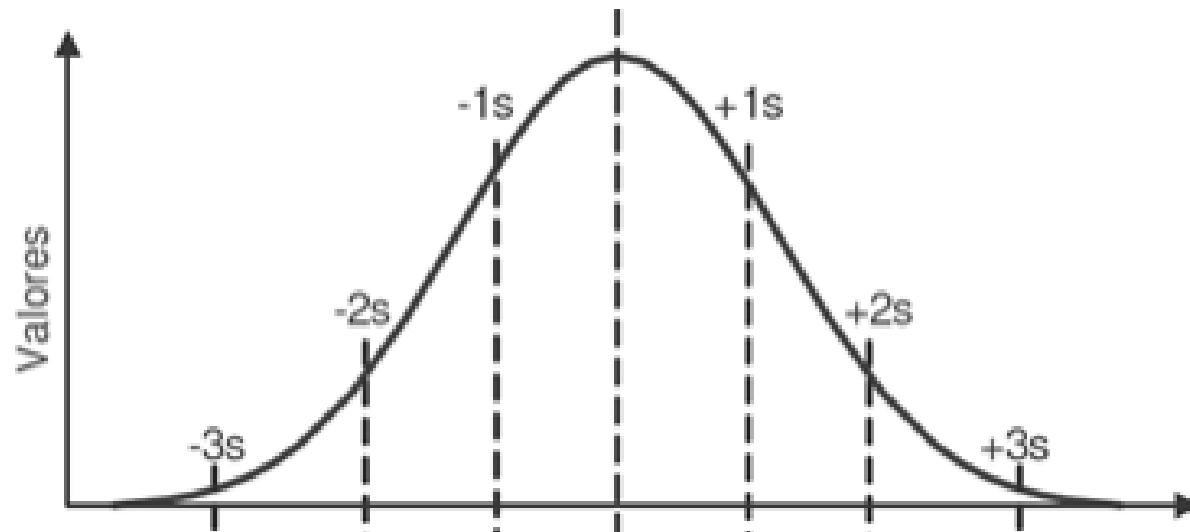
- ❑ A **distribuição** nos ajuda a compreender a forma, dispersão e localização de um conjunto de dados.
- ❑ **Conhecer a distribuição de um conjunto de dados pode nos oferecer muitas informações.** Podemos analisar uma distribuição através de gráficos e estatística descritiva.
- ❑ Um histograma, por exemplo, pode nos ajudar a compreender a forma da distribuição, se existem picos, se a dispersão é grande, entre outras informações.





❖ Principais Distribuições de Probabilidade

- ❑ Não entraremos nas particularidades de todas das distribuições, mas apresentaremos algumas que valem a pena destacarmos.
- ❑ Nosso foco no Green Belt será a **Distribuição Normal!**





❖ *Principais Distribuições de Probabilidade*

Distribuições Discretas:

- Binomial
- Poisson
- Hipergeométrica

Distribuições Contínuas:

- Normal
- Exponencial
- t (student)
- Lognormal
- Weibull
- Qui-Quadrado



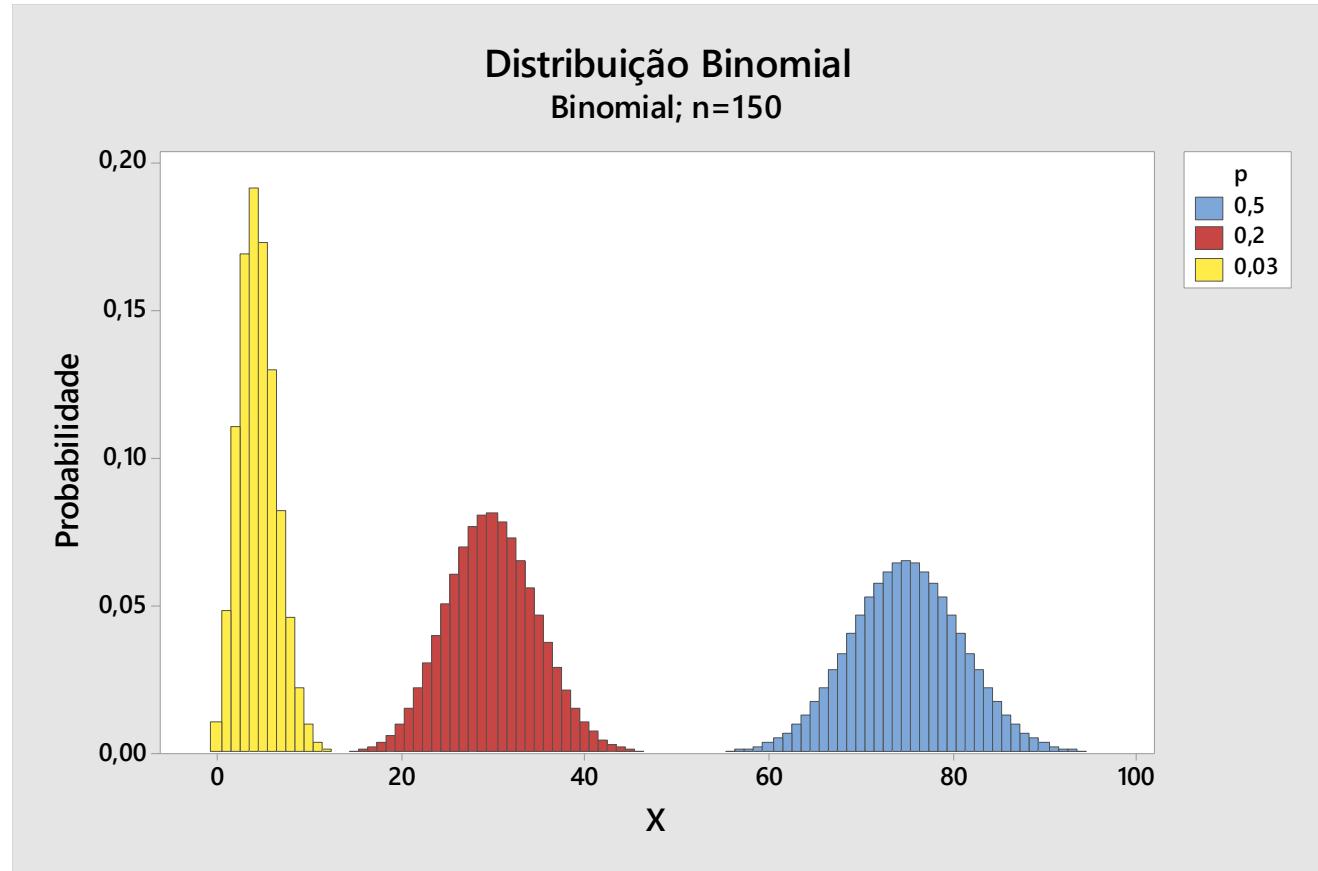
❖ *Distribuição Binomial*

- ❑ Cada evento ou observação possui apenas dois resultados possíveis:
 - ❑ Sucesso / fracasso
 - ❑ Passa / não passa
 - ❑ Sim / não
 - ❑ Perfeito / defeituoso
- ❑ Todos os eventos são realizados sob a mesma condição e o resultado de um evento não influencia o resultado de outro (eventos independentes).
- ❑ **As Cartas de Controle p e np são baseadas nessa distribuição.**



❖ Distribuição Binomial

- ❑ Eventos que seguem a distribuição Binomial:
 - ❑ Número de peças boas versus número de peças ruins;
 - ❑ Número de embarques no prazo em um determinado período (a cada hora);
 - ❑ Número de faturas pagas no prazo;
 - ❑ Absenteísmo em um determinado período (a cada dia).

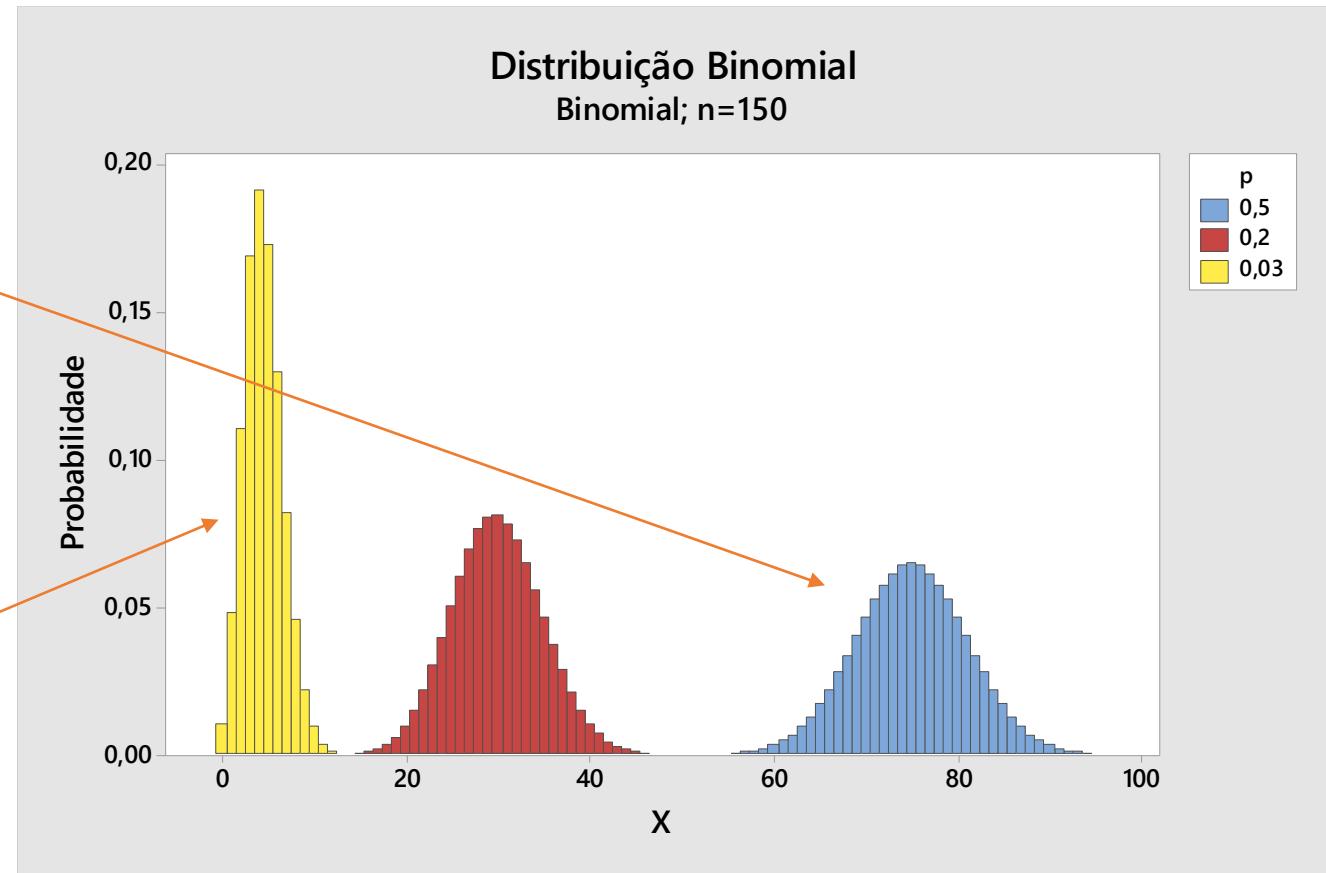




❖ Distribuição Binomial

Quando a probabilidade de sucesso (p) e de fracasso (q) são iguais a 50%, o gráfico é simétrico e aparenta uma curva Normal.

Quanto mais distante de 50% a probabilidade de sucesso for, mais distorcida será a distribuição.





❖ *Distribuição de Poisson*

- ❑ Uma distribuição aplicável a eventos que possuem uma taxa de ocorrências por intervalo, sendo este intervalo uma unidade de tempo, volume, distância, etc.

- ❑ Eventos que podem ter a distribuição de Poisson:
 - ❑ Número de defeitos encontrados em uma amostra de 10 peças;
 - ❑ Número de erros de digitação por folha;
 - ❑ Número de defeitos na pintura por metro quadrado;
 - ❑ Número de lâmpadas queimadas a cada mês.

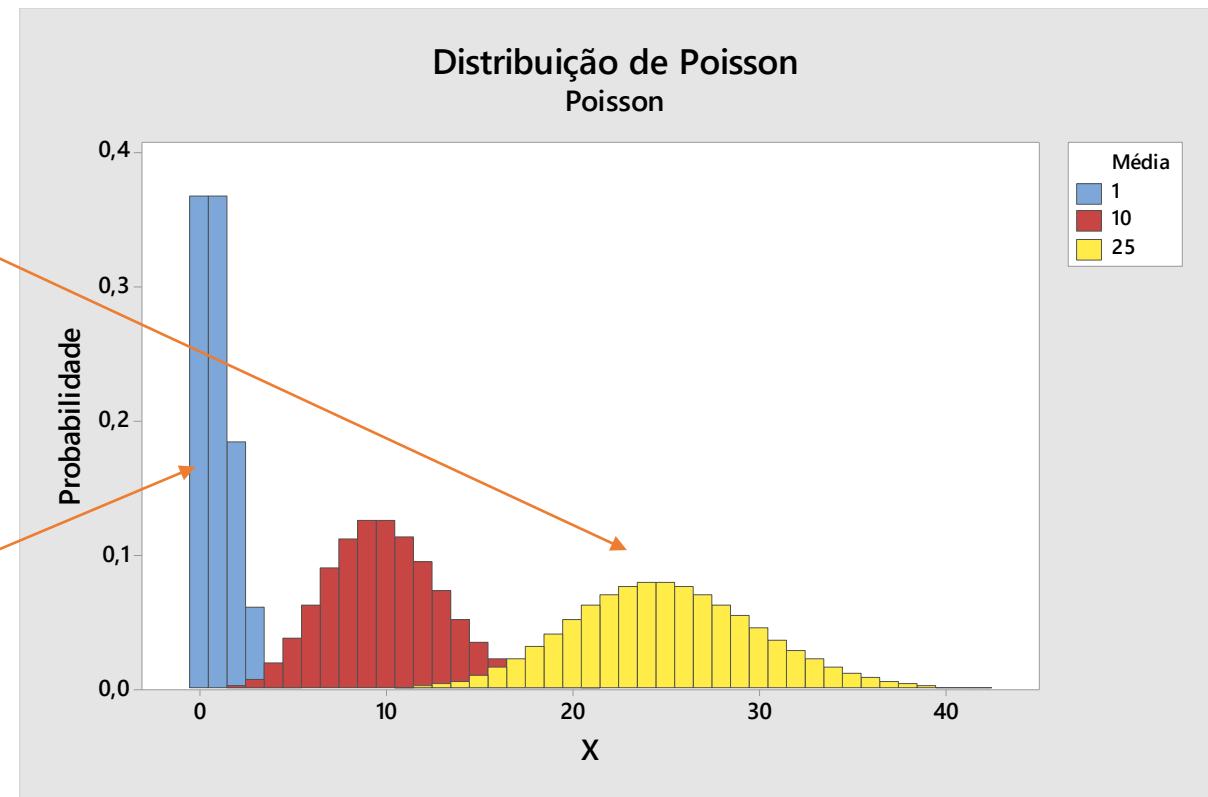
- ❑ **As Cartas de Controle c e u são baseadas nessa distribuição, já que são Cartas que falam sobre a quantidade de defeitos.**



❖ Distribuição de Poisson

Quanto maior o número médio de ocorrências por intervalo, mais simétrica é a distribuição.

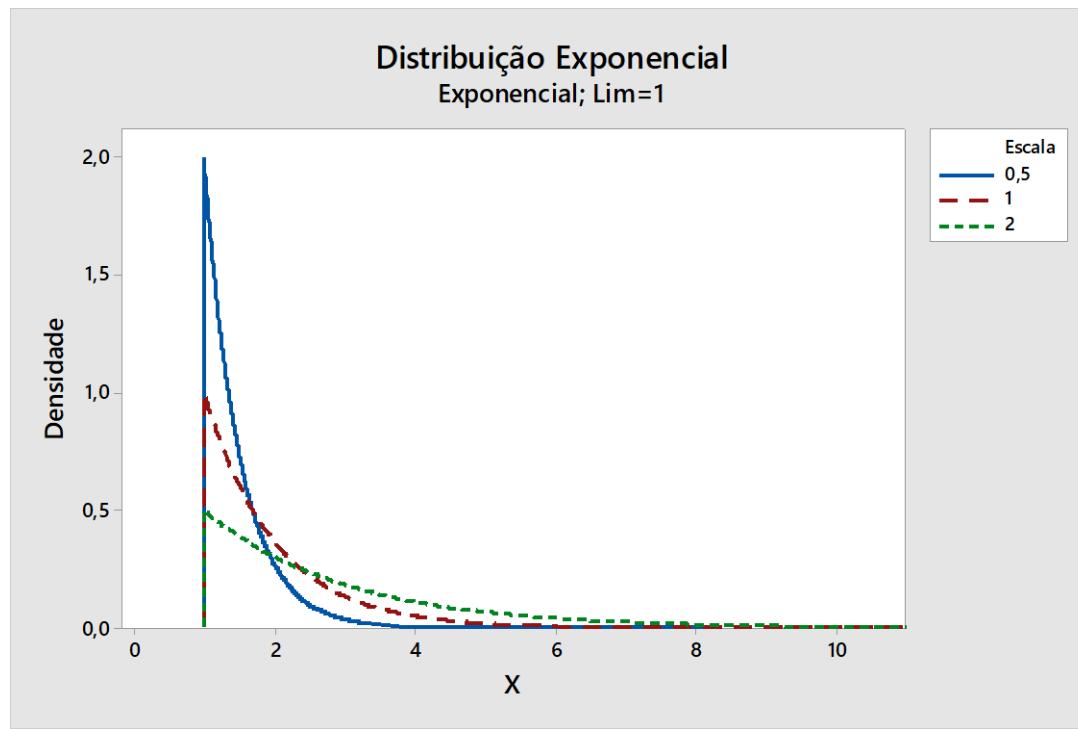
Quanto menor o número médio de ocorrências por intervalo, mais distorcida (cauda longa para a direita).





❖ Distribuição Exponencial

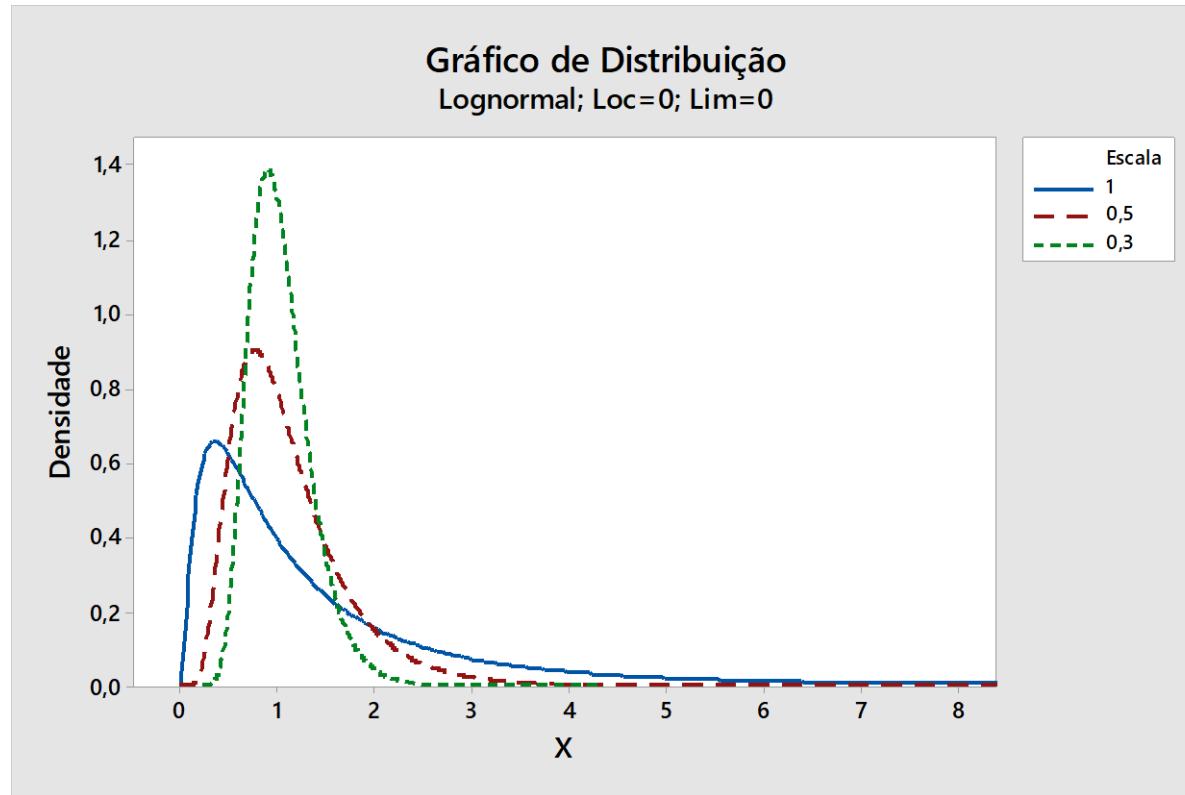
- ❑ Uma distribuição que representa o tempo ou espaço entre ocorrências de um evento.
- ❑ Muito utilizada no estudo da confiabilidade de peças ou sistemas, representando o tempo decorrido até a falha.





❖ Distribuição Lognormal

- ❑ Uma distribuição muito utilizada em análises de confiabilidade e aplicações financeiras como, por exemplo, o comportamento de ações ou títulos financeiros.





❖ Outras Distribuições

Distribuição	Tipo	Descrição
t (student)	Contínua	Utilizada para criar intervalos de confiança para a média da população que segue a distribuição Normal, mas o desvio padrão é desconhecido (teste de hipóteses). Determinar se a média de duas amostras que seguem a distribuição Normal são diferentes se a variância das amostras for desconhecida (teste de hipóteses).
Qui-quadrado	Contínua	Testada para avaliar a independência entre duas variáveis discretas (teste qui-quadrado).
F	Contínua	Utilizada em testes de Análise de Variância para comparar quão significativo é a variação causada por determinado fator em relação à variação causada pelo erro ou por outro fator.
Weibull	Contínua	Muito utilizada para modelar falha de produtos e equipamentos . Representa uma família de distribuições que se ajusta a uma grande variabilidade de dados e aplicações.
Hipergeométrica	Discreta	Utilizada para analisar itens defeituosos de amostras retiradas de populações pequenas e sem reposição.



Módulo 3

DMAIC: Fase Medição

- Lição 1: Fase de Medição;*
- Lição 2: Mapa de Processo;*
- Lição 3: Espinha de Peixe;*
- Lição 4: Matriz Causa e Efeito;*
- Lição 5: Matriz Esforço x Impacto;*
- Lição 6: Conceitos de Estatística e Probabilidade;*
- Lição 7: Amostragem;*
- Lição 8: Introdução ao Minitab 18;*
- Lição 9: Estatística Descritiva;*



Módulo 3

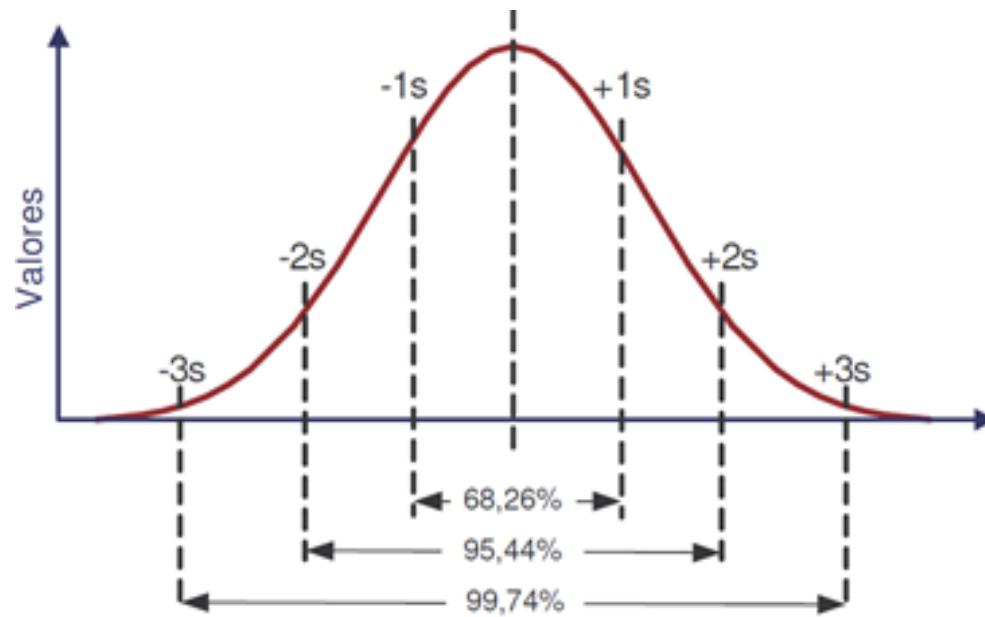
DMAIC: Fase Medição

- Lição 10: Principais Distribuições de Probabilidade;*
- Lição 11: Distribuição Normal e Teste de Normalidade;***
- Lição 12: Gráficos Básicos;*
- Lição 13: Cartas de Controle;*
- Lição 14: Capabilidade do Processo;*
- Lição 15: Análise do Sistema de Medição (dados contínuos);*
- Lição 16: Análise do Sistema de Medição (dados discretos);*
- Lição 17: Dinâmica dos carrinhos;*
- Consolidação do Conhecimento.*



❖ Distribuição Normal

- ❑ A **distribuição normal** é uma das mais importantes distribuições estatísticas.
- ❑ A curva teórica apresenta formato de sino e é simétrica em relação à sua média.
- ❑ Conseguimos desenhar uma Curva Normal tendo apenas dois parâmetros: média e desvio padrão.





❖ *Distribuição Normal*

- ❑ Ela **representa o comportamento de diversos processos** nas empresas e muitos fenômenos comuns como, por exemplo:
 - ❑ altura ou peso de uma população;
 - ❑ a pressão sanguínea de um grupo de pessoas;
 - ❑ o tempo que um grupo de estudantes gasta para realizar uma prova.
- ❑ Para calcular a probabilidade de ocorrência de um fenômeno basta calcular a área sob a curva.
- ❑ **As Cartas de Controle X-AM, Xbarra-R e Xbarra-S são baseadas nessa distribuição.**



❖ Tarefa Prática - Distribuição Normal

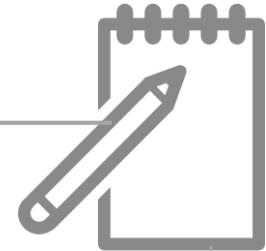
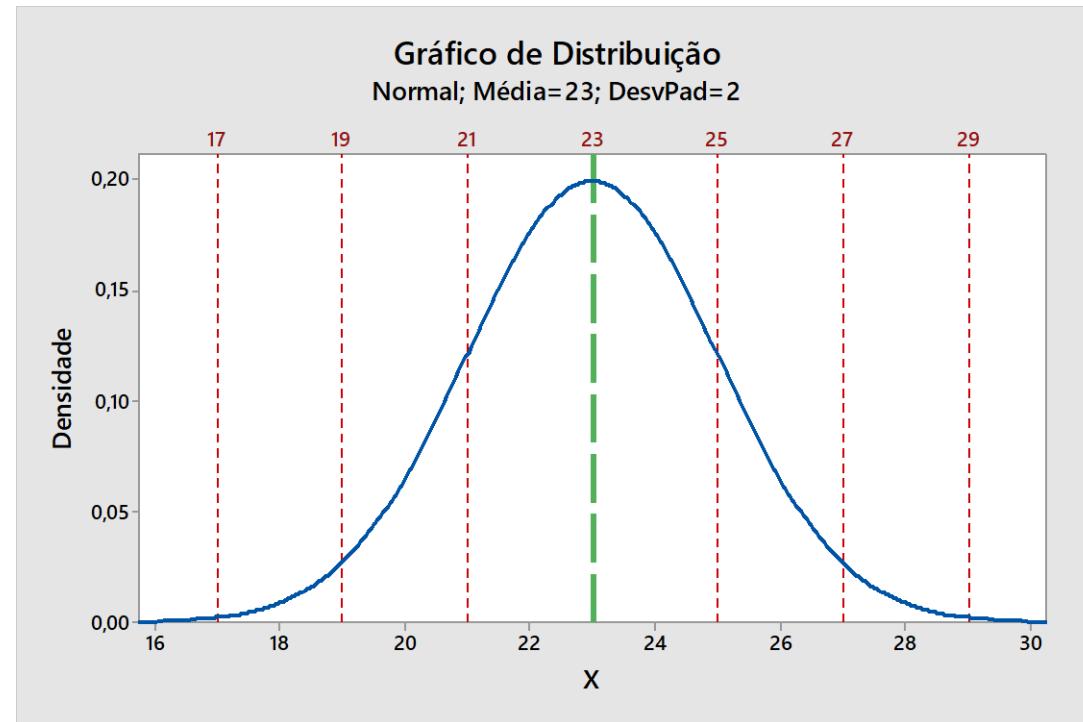
Exemplo: Em uma sala de aula, o professor anotou a idade de cada um dos quarenta alunos presentes. Sabendo que a distribuição da idade dos alunos é Normal, desenhe a curva com média igual a 23 anos e desvio padrão igual a 2 ($\mu = 23$ e $\sigma = 2$).

O que podemos concluir sobre a idade dos alunos apenas observando a distribuição Normal?



❖ Tarefa Prática - Distribuição Normal

- 68,26% dos alunos possuem idade entre 21 e 25 anos ($\pm 1\sigma$). O mesmo que 28 dos 40 alunos.
- 95,44% dos alunos possuem idade entre 19 e 27 anos ($\pm 2\sigma$).
- O mesmo que 38 dos 40 alunos.

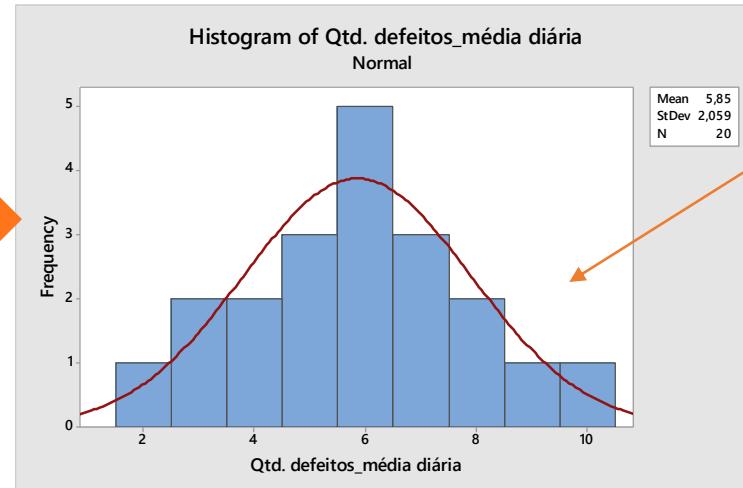
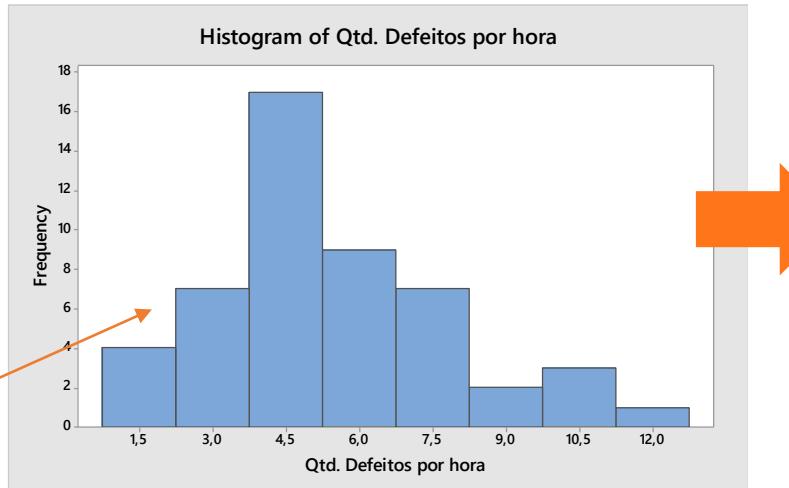




❖ Teorema Central do Limite

Curiosidade...

- Segundo o Teorema Central do Limite, se uma variável não possui distribuição Normal é possível que as médias amostrais sejam aproximadamente Normais. À medida que o tamanho amostral aumenta e calculamos médias de períodos maiores, aproximamos a distribuição da variável a uma distribuição Normal.



Quantidade média
de defeitos por dia

❖ Teste de Normalidade



- ❑ Como podemos ter certeza que os nossos dados seguem a distribuição Normal?
- ❑ No Minitab é possível realizar o Teste de Normalidade dos dados.

1

2

Arquivo Editar Dados Calc Estat Gráfico Editor Ferramentas Janela Ajuda Assistente

Estatísticas Básicas

- Regressão
- ANOVA
- DOE (Planejamento de Experimento)
- Cartas de Controle
- Ferramentas da Qualidade
- Confiabilidade/Sobrevivência
- Multivariada
- Séries Temporais
- Tabelas
- Não-Paramétricos
- Testes de Equivalência
- Poder e Tamanho de Amostra

Session

Exponencial
Exponencial de 2 Parâmetros
Weibull
Weibull de 3 Parâmetros
Menor Valor Extremo
Maior Valor Extremo
Gama
Gama de 3 Parâmetros
Logística

Teste de Normalidade.mtw **

	C1	C2	C3	C4
1	13,5	5,0		
2	4,7	4,6		
3	3,5	5,4		
4	1,1	4,5		
5	5,3	4,5		

Exibição de Estatísticas Descritivas...
Armazenamento de Estatísticas Descritivas...
Sumário Gráfico...
Teste Z para 1 Amostra...
Teste t para 1 Amostra...
Teste t para 2 Amostras...
Teste t pareado...
Teste para 1 Proporção...
Teste para 2 Proporções...
Teste da Taxa de Poisson para 1 Amostra...
Teste da Taxa de Poisson para 2 Amostras...
Teste para 1 Variância...
Teste para 2 Variâncias...
Correlação...
Covariância...
Teste de Normalidade...
Teste de Outlier...
Teste de Qualidade de Ajuste para Poisson...

Teste de Normalidade

Variável: Tempo até a falha

Linhas de Percentil

Nenhum

Em valores de Y:

Em valores de dados:

Testes para Normalidade

Anderson-Darling

Ryan-Joiner (Similar ao Shapiro-Wilk)

Kolmogorov-Smirnov

Selecionar

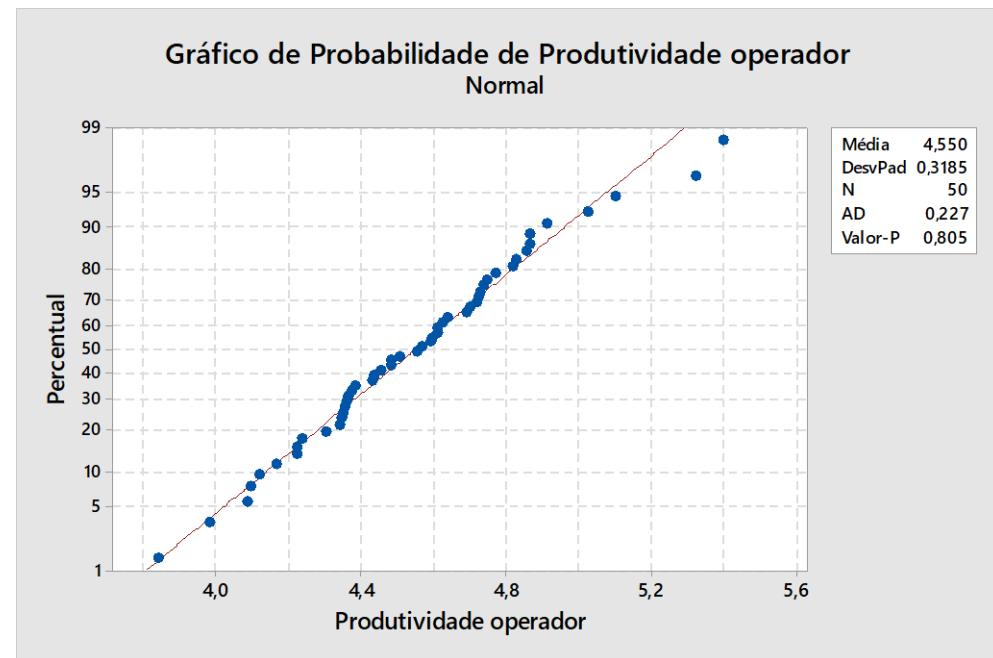
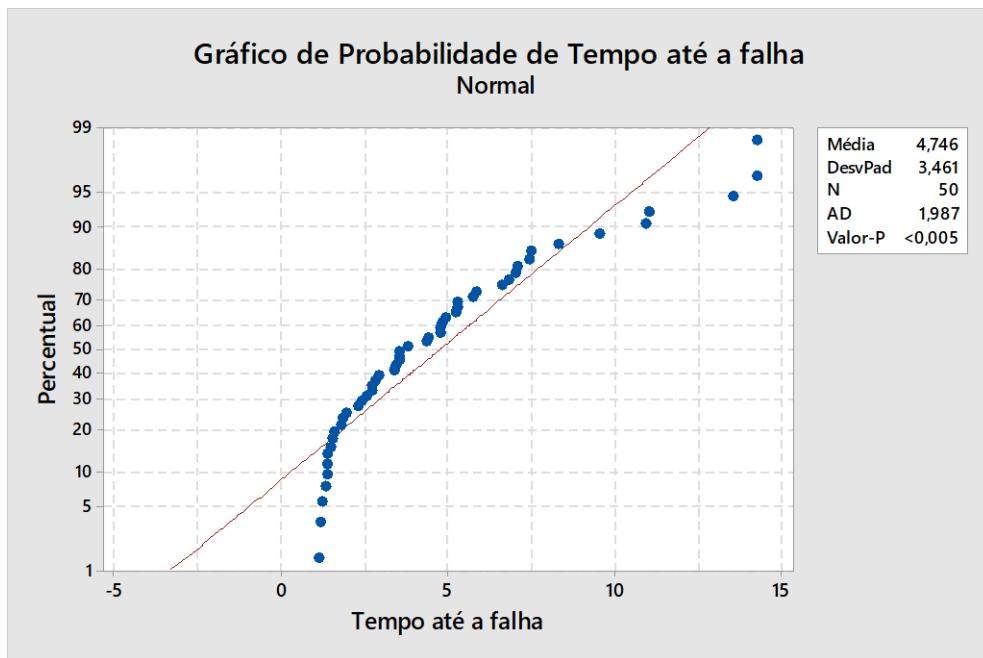
Auxílio

OK Cancelar



❖ Teste de Normalidade

- ❑ Abra o arquivo “Teste de Normalidade”.
- ❑ Clique em Estat -> Estatísticas Básicas -> Teste de Normalidade.
- ❑ Escolha a coluna de dados no campo Variável e finalize clicando em OK.



❖ Teste de Normalidade

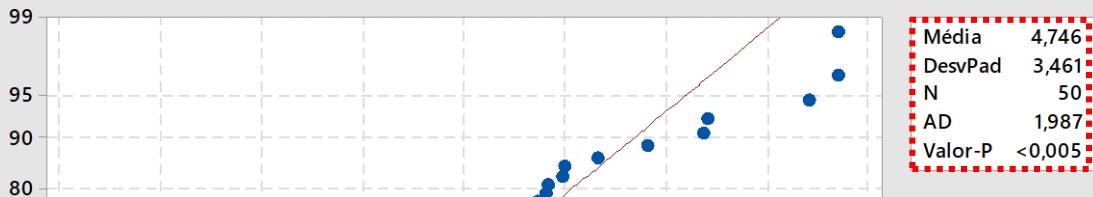


A verificação da Normalidade é feita por meio do Gráfico de Probabilidade Normal e do teste estatístico de Normalidade.

Regra de decisão:

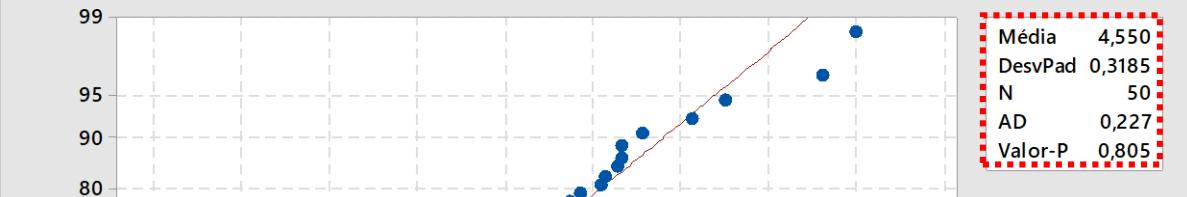
- Se p-valor < 0,05 os dados **não são Normais**.
- Se p-valor ≥ 0,05 os dados **são aproximadamente Normais**.

Gráfico de Probabilidade de Tempo até a falha
Normal



NÃO É NORMAL

Gráfico de Probabilidade de Produtividade operador
Normal



NORMAL!!!

❖ *Teste de Normalidade*



- Qual é o problema se os dados não forem Normais? NENHUM!!!**
- Dados não Normais são comum em alguns cenários como, por exemplo, na manutenção, no mercado financeiro ou em testes de confiabilidade. Sempre que os dados não forem normais devemos escolher as ferramentas estatísticas apropriadas.
 - As Cartas de Controle X-AM, Xbarra-R e Xbarra-S são utilizadas apenas para dados Normais.
 - Ao analisar a Capabilidade do Processo, teremos que escolher entre a Capabilidade para dados Normais e a Capabilidade para dados não normais.
 - Não podemos utilizar Testes de Hipóteses para tirar boas conclusões sobre as diferenças entre grupos ou entre amostras.



❖ *Probabilidade de ocorrência*



- ❑ Para o exemplo, sabemos que a produtividade dos operadores possui uma distribuição Normal.
- ❑ Como fazemos para identificar a probabilidade de um valor específico de produtividade ocorrer ou uma faixa de valores?
- ❑ **Qual é a probabilidade da produtividade de um colaborador ser maior ou igual a 5,0?**
- ❑ **Qual é a probabilidade da produtividade de um colaborador estar entre 4,5 e 4,8?**

❖ Probabilidade de ocorrência



- Primeiro precisamos de calcular a média e o desvio padrão dos dados da produtividade.

1

Arquivo Editar Dados Calc Estat Gráfico Editor Ferramentas Janela Ajuda Assistente

Session

Gráfico de Probabilidade

Estatísticas Descritivas

Estatísticas

Teste de Normalidade.mtw **

C1 C2 C3 C4

	C1	C2	C3	C4
Tempo até a falha	4,7	4,6		
2	3,5	5,4		
3	1,1	4,5		
4	5,3	4,5		
5	8,3	4,2		
6				

Exibição de Estatísticas Descritivas...

Régressão

ANOVA

DOE (Planejamento de Experimento)

Cartas de Controle

Ferramentas da Qualidade

Confiabilidade/Sobrevivência

Multivariada

Séries Temporais

Tabelas

Não-Paramétricos

Testes de Equivalência

Poder e Tamanho de Amostra

Teste Z para 1 Amostra...

Teste t para 1 Amostra...

Teste t para 2 Amostras...

Teste t pareado...

Teste para 1 Proporção...

Teste para 2 Proporções...

Teste da Taxa de Poisson para 1 Amostra...

Teste da Taxa de Poisson para 2 Amostras...

Teste para 1 Variância...

Teste para 2 Variâncias...

-1: Correlação...

σ^2 Covariância...

Teste de Normalidade...

Teste de Outlier...

Teste de Qualidade de Ajuste para Poisson...

2

Exibição de Estatísticas Descritivas

C1 Tempo até a falha
C2 Produtividade operador

Variáveis:
'Produtividade operador'

Por variáveis (opcional):

Selecionar Estatísticas... Gráficos...
Ajuda OK Cancelar

3

Exibição de Estatísticas Descritivas: Estatísticas

Média Média aparada N não-faltantes
 EP da média Sgma N faltantes
 Desvio padrão Minímo N total
 Variância Máximo N Acumulado
 Coeficiente de variação Amplitude Percentual
 Primeiro quartil Soma de quadrados Percentual acumulado
 Mediana Assimetria Padrão
 Terceiro quartil Curtose Nenhum
 Amplitude interquartilica MDQS Todas
 Moda

Estatísticas de verificação
 Padrão
 Nenhum
 Todas

Ajuda OK Cancelar



❖ Probabilidade de ocorrência

- ❑ A média é igual a 4,5497 e o desvio padrão igual a 0,3185.

Estatísticas Descritivas: Produtividade operador

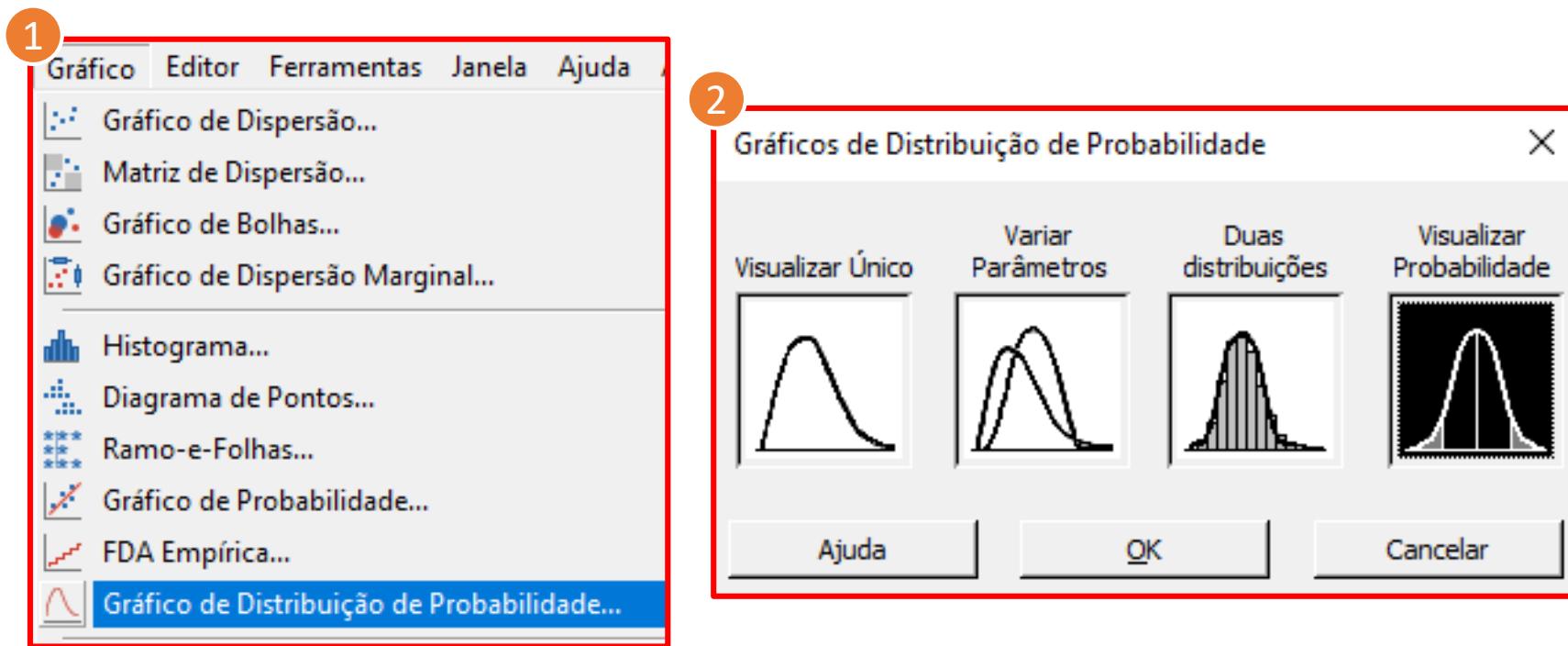
Estatísticas

Variável	Contagem								
	Total	Média	DesvPad	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	
Produtividade operador	50	4,5497	0,3185	3,8429	4,3475	4,5588	4,7386	5,3938	
Variável	Amplitude								
Produtividade operador	1,5509								

❖ Probabilidade de ocorrência



- ❑ Clique em Gráfico -> Gráfico de Distribuição de Probabilidade -> Visualizar Probabilidade -> OK.



❖ Probabilidade de ocorrência



- ❑ Preencha o valor da média e desvio padrão -> clique na aba Área Sombreada.
- ❑ Escolha a opção Valor de X -> Lateral Direita-> Digite 5,0 no campo valor de X -> OK.

1

Gráfico de Distribuição de Probabilidade: Visualização da Probabilidade

Distribuição | Área Sombreada

Distribuição: Normal

Média: 4,5497

Desvio padrão: 0,3185

Selecionar

Ajuda OK Cancelar

2

Gráfico de Distribuição de Probabilidade: Visualização da Probabilidade

Distribuição | Área Sombreada

Definir Área Sombreada por:

Probabilidade

Valor de X

Lateral Direita Lateral Esquerda As Duas Laterais Meio



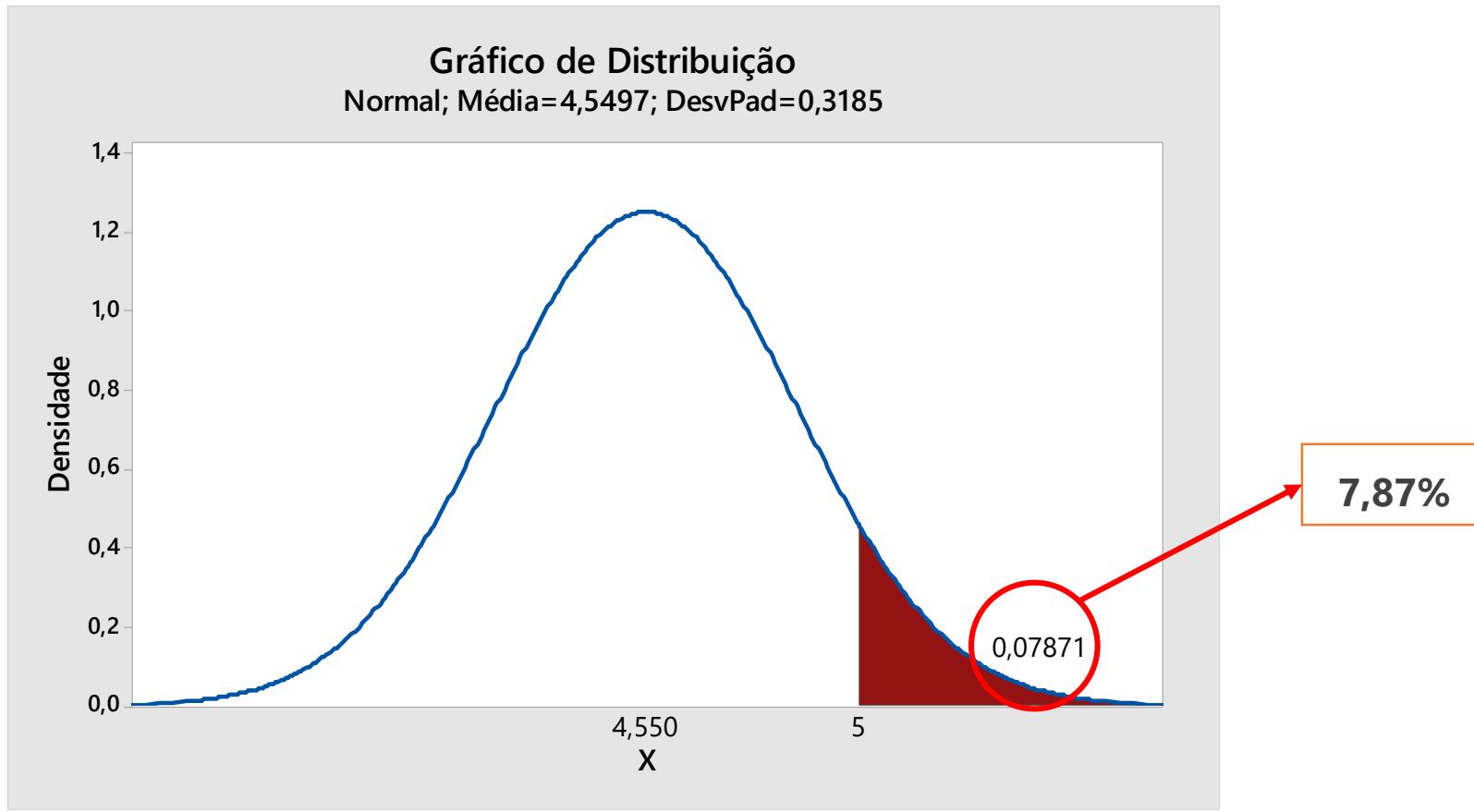
Valor de X: 5

Ajuda OK Cancelar



❖ Probabilidade de ocorrência

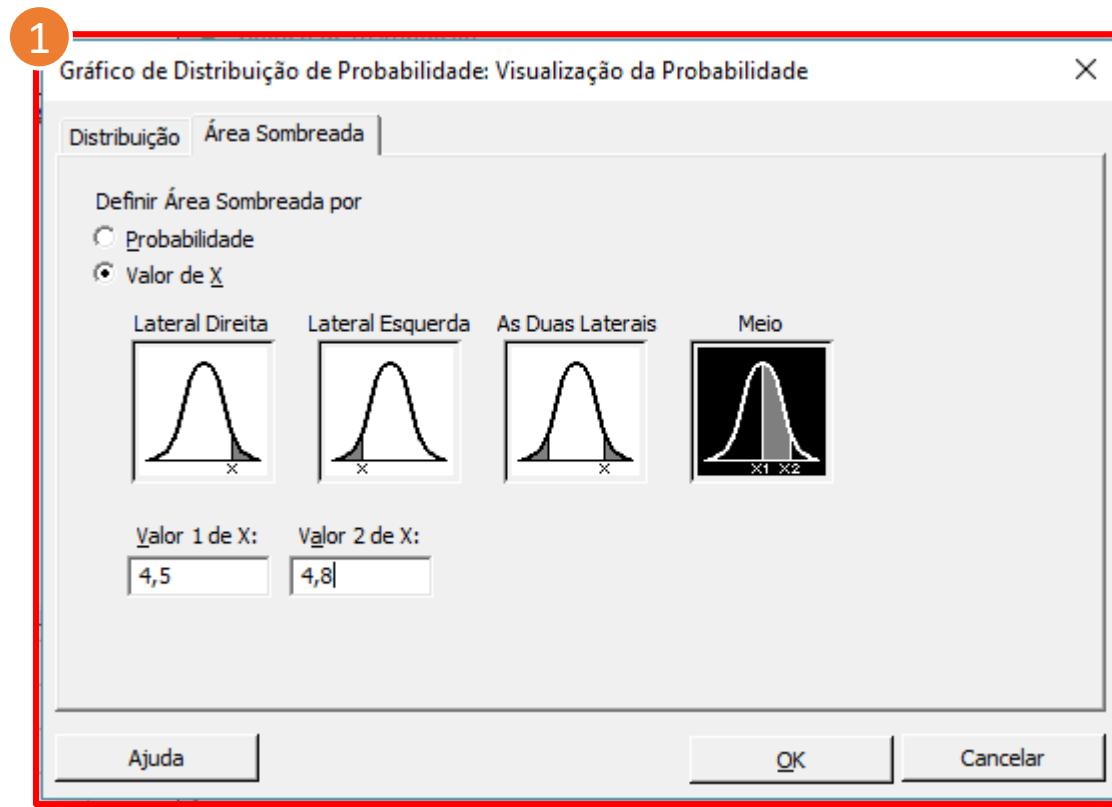
- ❑ Qual é a probabilidade da produtividade de um colaborador ser maior ou igual a 5,0?





❖ Probabilidade de ocorrência

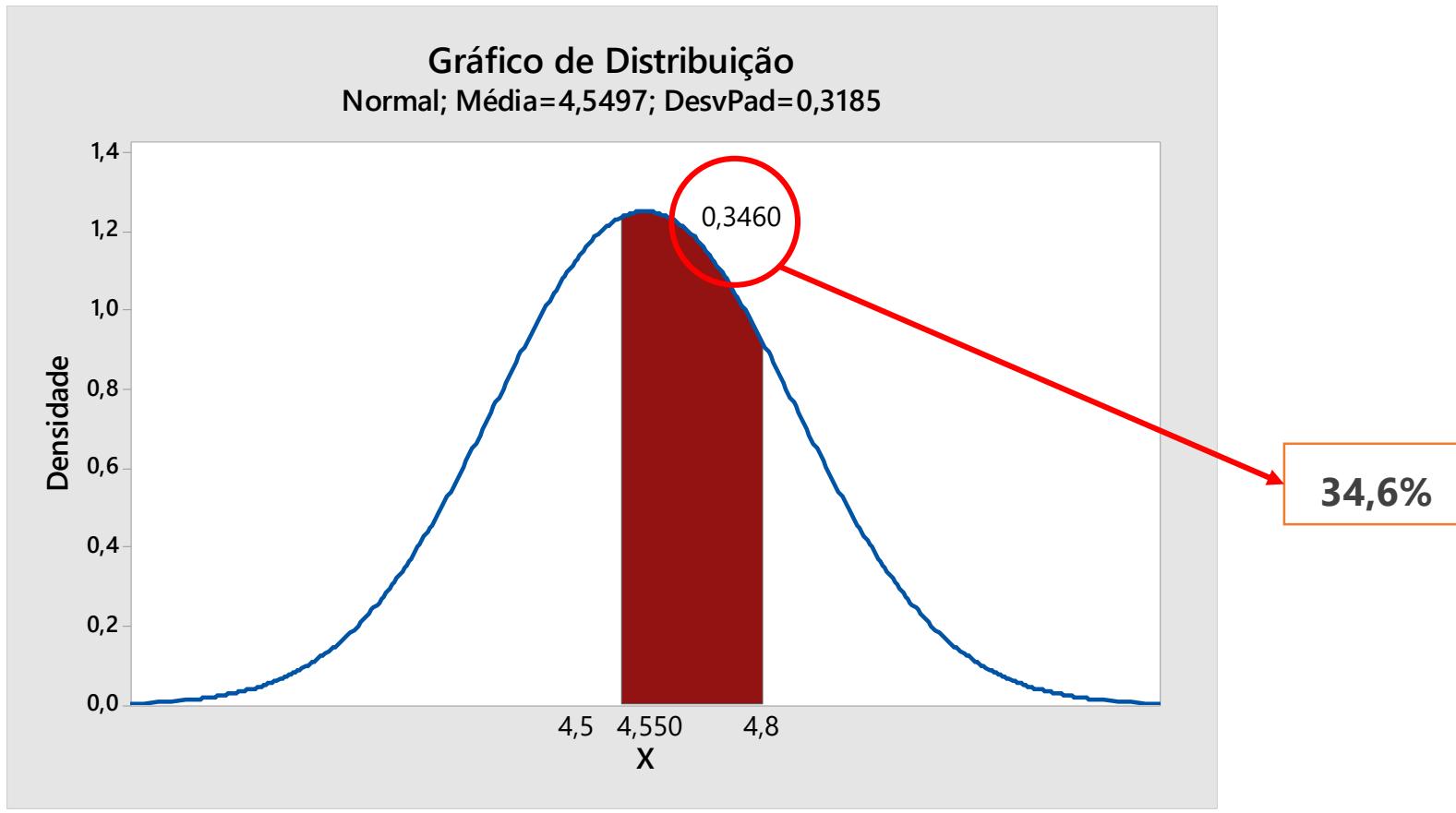
- Escolha a opção Valor de X -> Meio-> Digite 4,5 para o valor 1 de X e digite 4,8 para o valor 2 de X-> OK.





❖ Probabilidade de ocorrência

❑ Qual é a probabilidade da produtividade de um colaborador estar entre 4,5 e 4,8?





Módulo 3

DMAIC: Fase Medição

- Lição 1: Fase de Medição;*
- Lição 2: Mapa de Processo;*
- Lição 3: Espinha de Peixe;*
- Lição 4: Matriz Causa e Efeito;*
- Lição 5: Matriz Esforço x Impacto;*
- Lição 6: Conceitos de Estatística e Probabilidade;*
- Lição 7: Amostragem;*
- Lição 8: Introdução ao Minitab 18;*
- Lição 9: Estatística Descritiva;*



Módulo 3

DMAIC: Fase Medição

- Lição 10: Principais Distribuições de Probabilidade;*
- Lição 11: Distribuição Normal e Teste de Normalidade;*
- Lição 12: Gráficos Básicos;***
- Lição 13: Cartas de Controle;*
- Lição 14: Capabilidade do Processo;*
- Lição 15: Análise do Sistema de Medição (dados contínuos);*
- Lição 16: Análise do Sistema de Medição (dados discretos);*
- Lição 17: Dinâmica dos carrinhos;*
- Consolidação do Conhecimento.*



❖ **Gráficos Básicos**

Dentro da **metodologia Lean Seis Sigma** utilizamos esses gráficos para avaliar o comportamento do indicador e identificar comportamentos que podem indicar oportunidades de melhoria.

Podem ser úteis para:

- Identificar se os dados foram coletados de maneira satisfatória;
- Identificar tendências atípicas e pontos extremos;
- Identificar periodicidades ou sazonalidades;
- Identificar alta variabilidade do indicador.



❖ Gráficos Básicos

Vamos utilizar os gráficos:

- Gráfico de Barras;
- Gráfico de Setores;
- Gráfico de Séries Temporais;
- Pareto;
- Histograma;
- Boxplot.



❖ Gráfico de Barras

- ❑ No Minitab, podemos construir esse gráfico contando a frequência dos dados que são atributos ou através de números de uma tabela.
- ❑ A altura de cada barra indica os resultados e os espaços entre as barras representam as várias categorias mostradas no gráfico.



❖ Gráfico de Barras

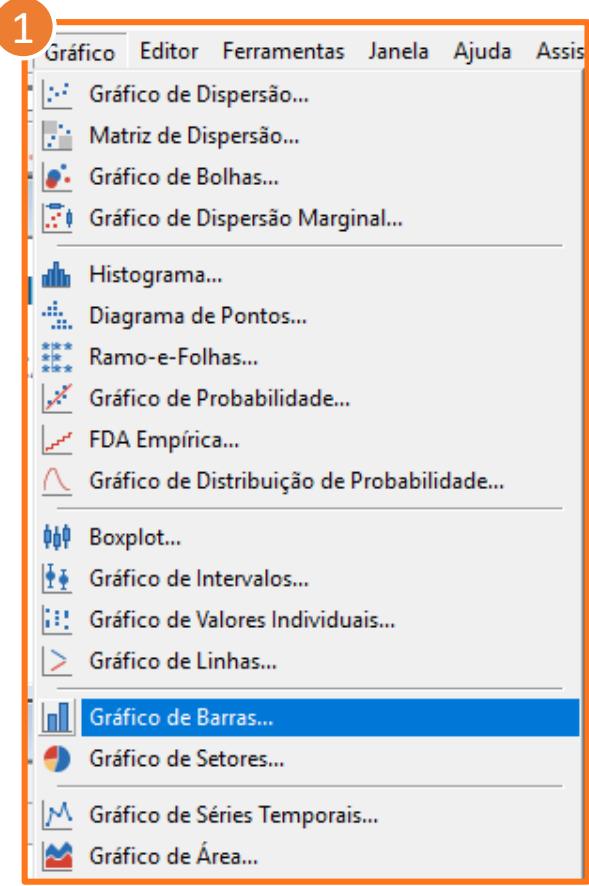
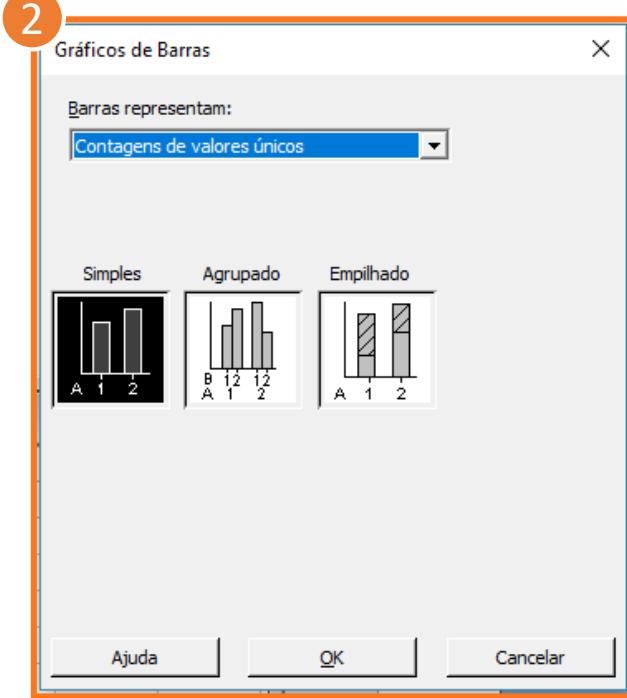
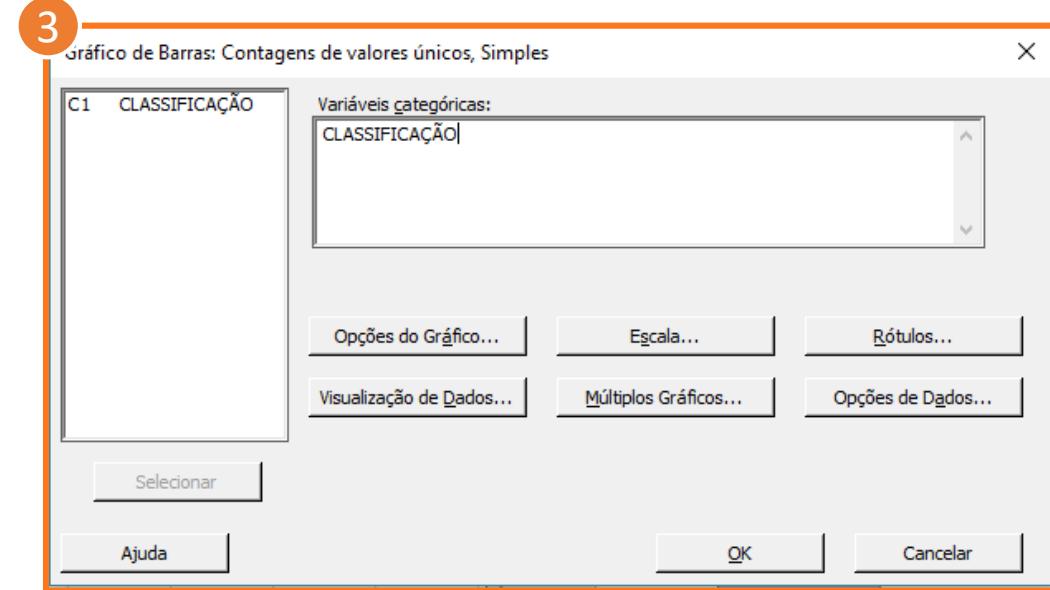
❑ **Exemplo:** em uma linha de produção foi realizada a contagem de peças automotivas fabricadas sem defeitos e de peças defeituosas. Durante 2 horas de produção, 30 peças foram avaliadas e o gráfico de barras demonstra o resultado de forma objetiva.

1	PERFEITA	9	PERFEITA	17	PERFEITA	25	DEFEITUOSA
2	PERFEITA	10	PERFEITA	18	PERFEITA	26	PERFEITA
3	DEFEITUOSA	11	DEFEITUOSA	19	PERFEITA	27	PERFEITA
4	PERFEITA	12	PERFEITA	20	PERFEITA	28	DEFEITUOSA
5	PERFEITA	13	PERFEITA	21	PERFEITA	29	PERFEITA
6	PERFEITA	14	DEFEITUOSA	22	PERFEITA	30	PERFEITA
7	DEFEITUOSA	15	PERFEITA	23	DEFEITUOSA		
8	DEFEITUOSA	16	PERFEITA	24	PERFEITA		



❖ Gráfico de Barras

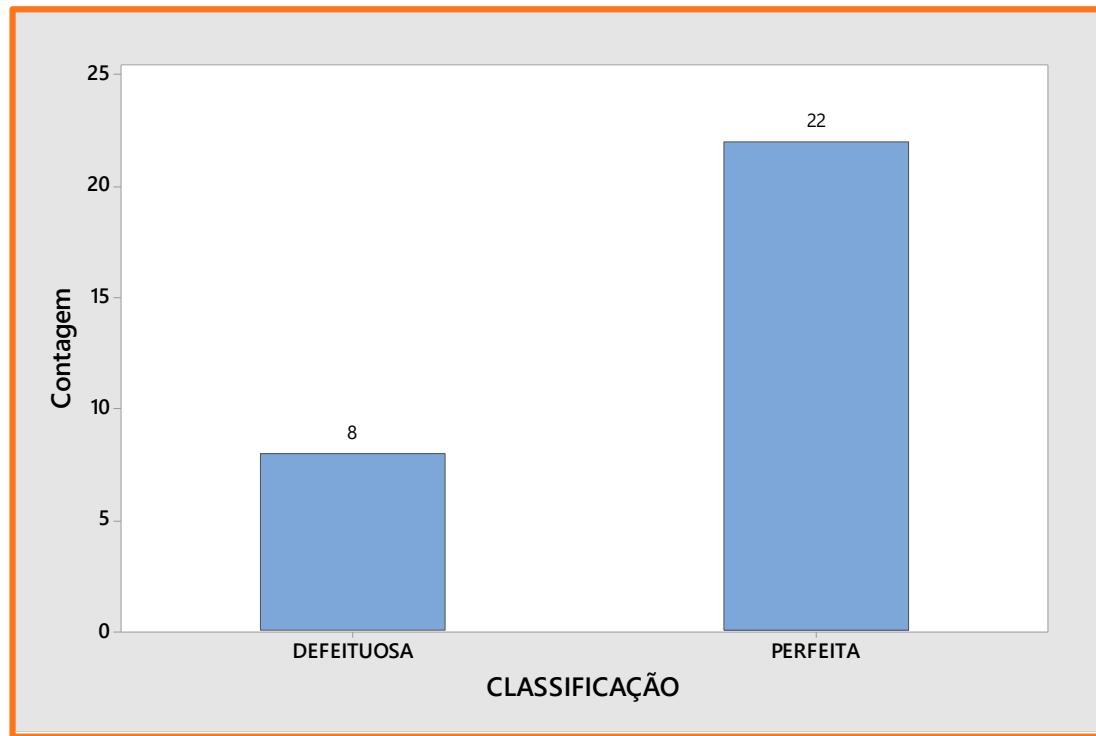
- ❑ Abrir o arquivo “Gráficos básicos”.
- ❑ No Minitab, clique em Estat -> Gráfico de Barras. Siga os passos das imagens abaixo.

- 1 
- 2 
- 3 



❖ Gráfico de Barras

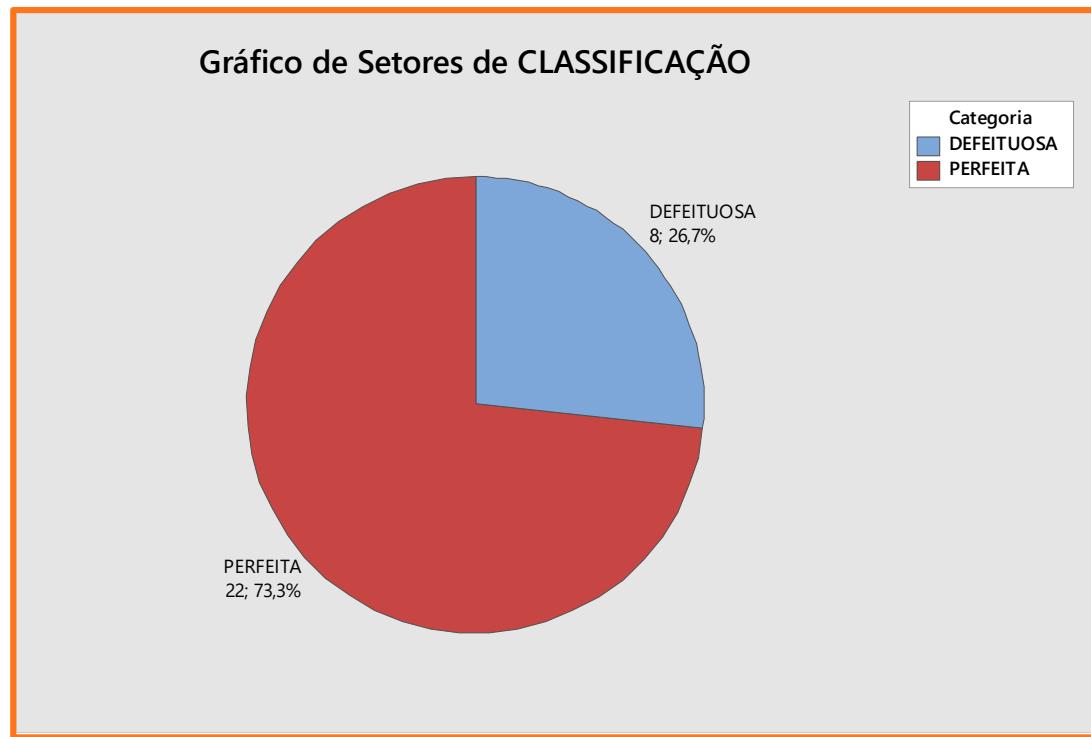
- ❑ No Gráfico de Barras, concluímos que as peças perfeitas são produzidas em maior quantidade e que as peças defeituosas representam aproximadamente 1/3 das peças produzidas.





❖ Gráfico de Setores

- ❑ No Minitab, podemos construir esse gráfico de setores para frequências relativas ou percentuais.
- ❑ Cada fatia do gráfico representa o resultado desejado.





❖ Gráfico de Setores

- ❑ Abrir o arquivo “Gráficos básicos”.
- ❑ No Minitab, clique em Estat -> Gráfico de Setores. Siga os passos abaixo.

1

2



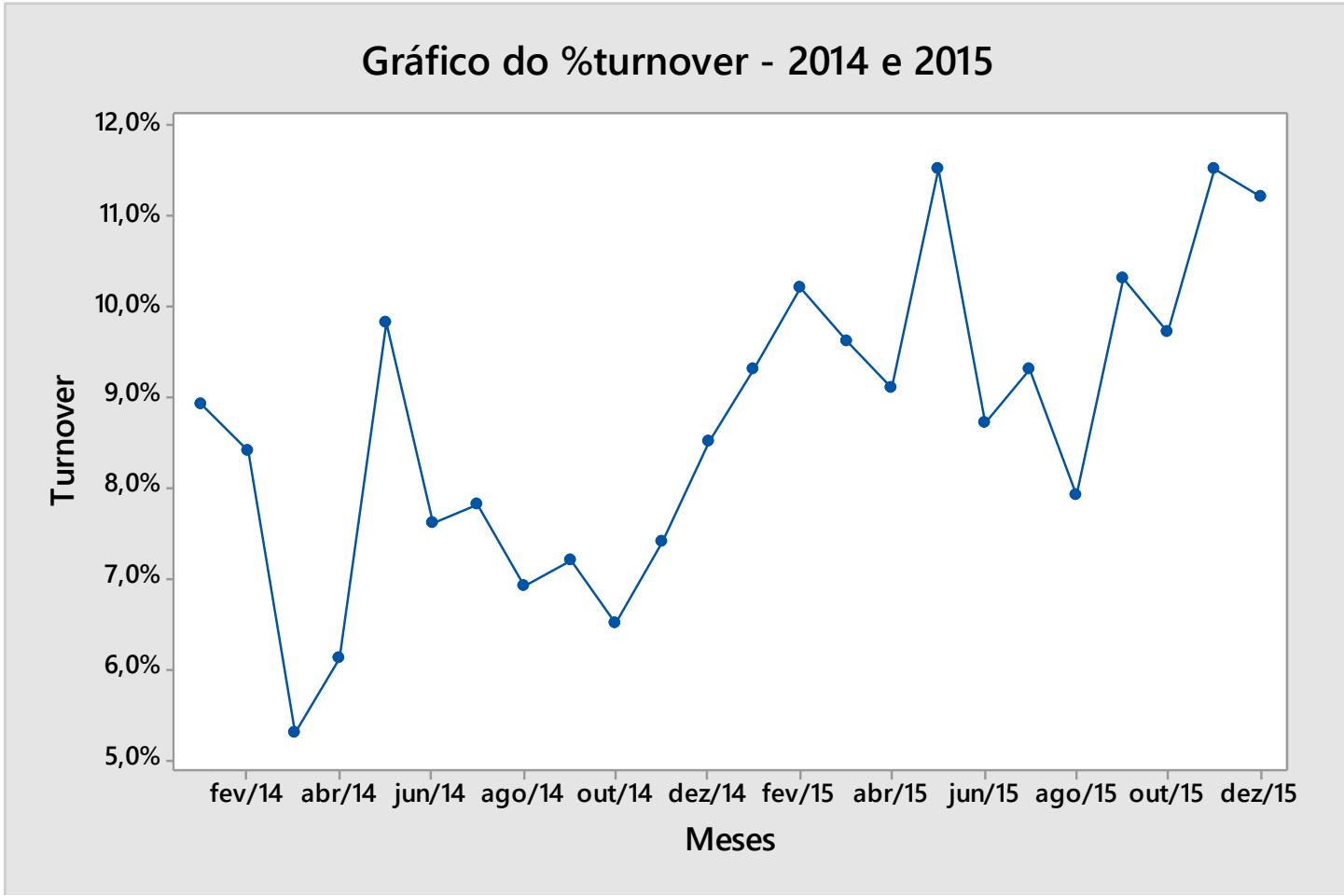
❖ Gráfico de Séries Temporais

- ❑ Um gráfico sequencial representa os valores individuais do resultado de um processo em função do tempo. Para construir um gráfico sequencial devemos plotar os dados na sequência em que foram produzidos.

- ❑ Na interpretação do gráfico, observamos se existem configurações especiais ou se há pontos muito afastados dos demais. A presença de padrões, como uma tendência ou sazonalidade, podem indicar a atuação de causas com impacto mais significativo no processo.



❖ Gráfico de Séries Temporais



❖ **Atividade – Voitto Tubes**



A empresa **Voitto Tubes** fabrica tubos de aço para diversas aplicações como construção civil, automóveis e óleo & gás. Um dos indicadores estratégicos da empresa monitora a quantidade de produtos desclassificados, ou seja, que não podem ser comercializados por não atenderem às normas de fabricação. A medição é feita mensalmente, avaliando o valor de produto desclassificado em relação a ROL (Receita Operacional Líquida).

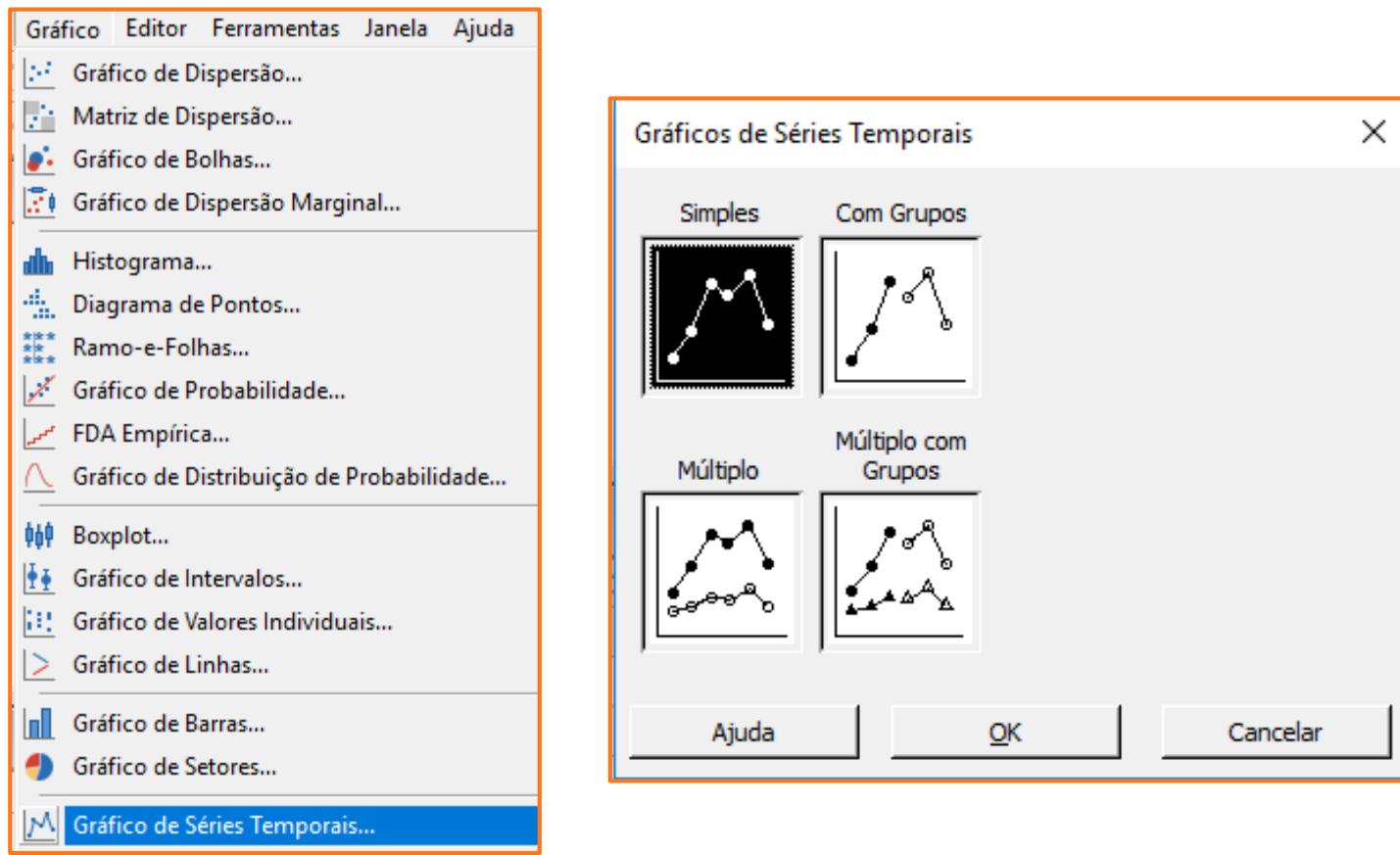
Desclassificados por receita = valor dos desclassificados /ROL

Após coletar dados confiáveis de janeiro de 2014 até março de 2016, o gestor da empresa optou por iniciar sua análise com um gráfico de séries temporais para observar o comportamento do indicador no tempo.

❖ Atividade – Voitto Tubes



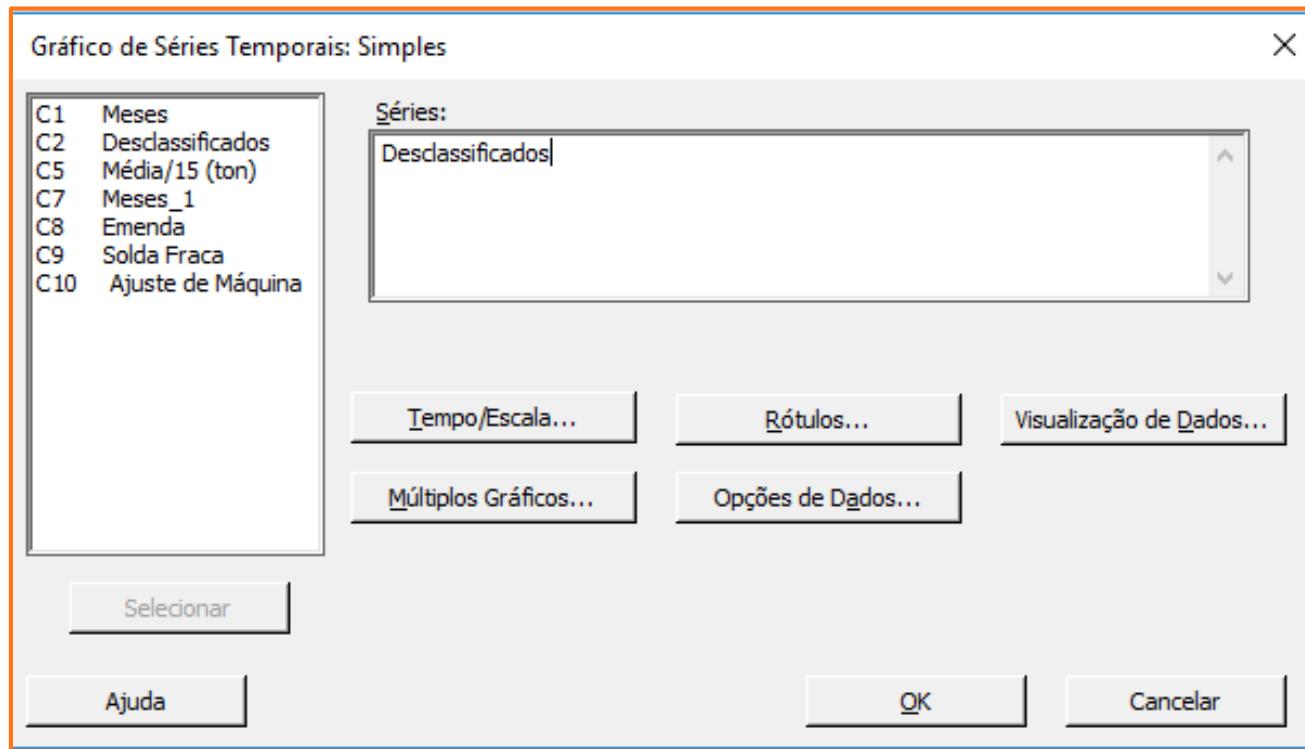
- ❑ Abrir o arquivo *Atividade Voitto Tubes.MTW*
- ❑ Selecione a aba Gráficos > Gráficos de Séries Temporais > Simples > clicar em OK.





❖ Atividade – Voitto Tubes

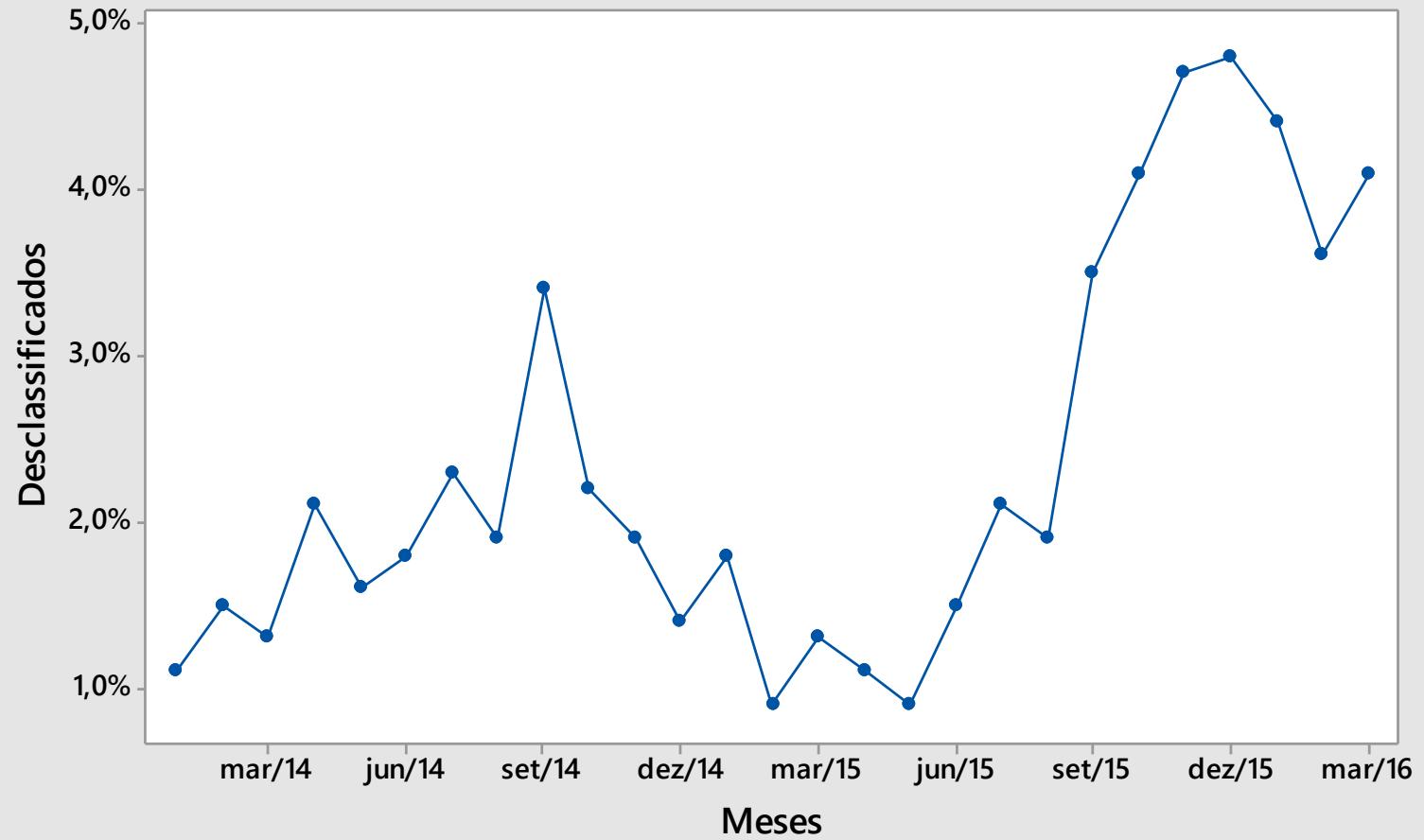
- ❑ Selecione “Desclassificados” como variável > clicar em OK.



❖ Atividade – Voitto Tubes



Gráfico de Séries Temporais de Desclassificados



❖ Atividade – Voitto Tubes



- Quais comportamentos são evidentes no Gráfico de Séries Temporais do indicador de %desclassificados?
- Qual é o valor médio do indicador no período completo? Qual o valor médio somente nos últimos 6 meses?
- Caso o benchmarking deste indicador fosse 0,5%, qual seria uma boa meta para um projeto Lean Seis Sigma?

- Uma variabilidade alta ao longo de todo o período mensurado, além de uma aleatoriedade dos valores. Também é perceptível uma tendência crescente a partir junho de 2015.
- O valor médio do período é 2,34% e o valor médio dos últimos 6 meses é 4,28%.
 - Performance média atual: 4,28%
 - Benchmarking: 0,5%
 - 50% da lacuna de performance: 2,39%
- Reduzir o %desclassificados de 4,28% para 2,39% em um período de 4 meses.



❖ Gráfico de Pareto

O Gráfico de Pareto é uma ferramenta estatística que auxilia na tomada de decisão, permitindo uma empresa priorizar problemas, quando esses se apresentam em grande número.

O princípio de Pareto classifica os problemas relacionados à qualidade em duas categorias:

- Poucos vitais;
- Muitos triviais.

Pelo princípio de Pareto devemos concentrar nossa atenção sobre os poucos vitais, já que estes resultam em grandes perdas para a empresa, apesar de representarem um pequeno número de problemas.

Exemplo: 80% dos defeitos relacionam-se à 20% das causas potenciais.

❖ **Atividade – Voitto Tubes**



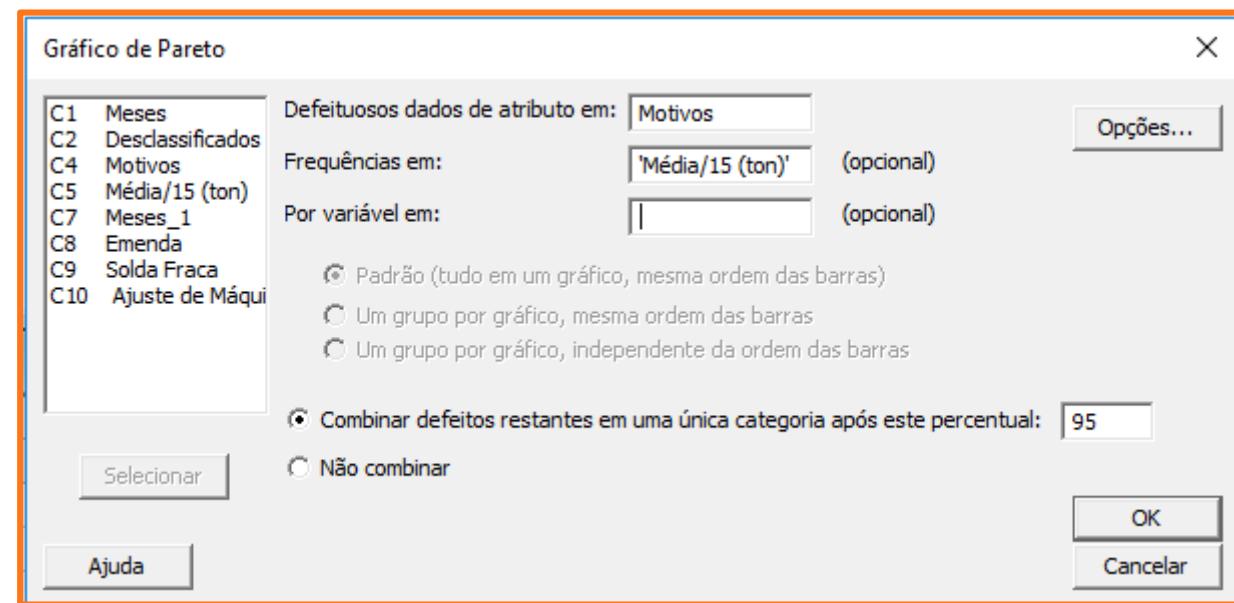
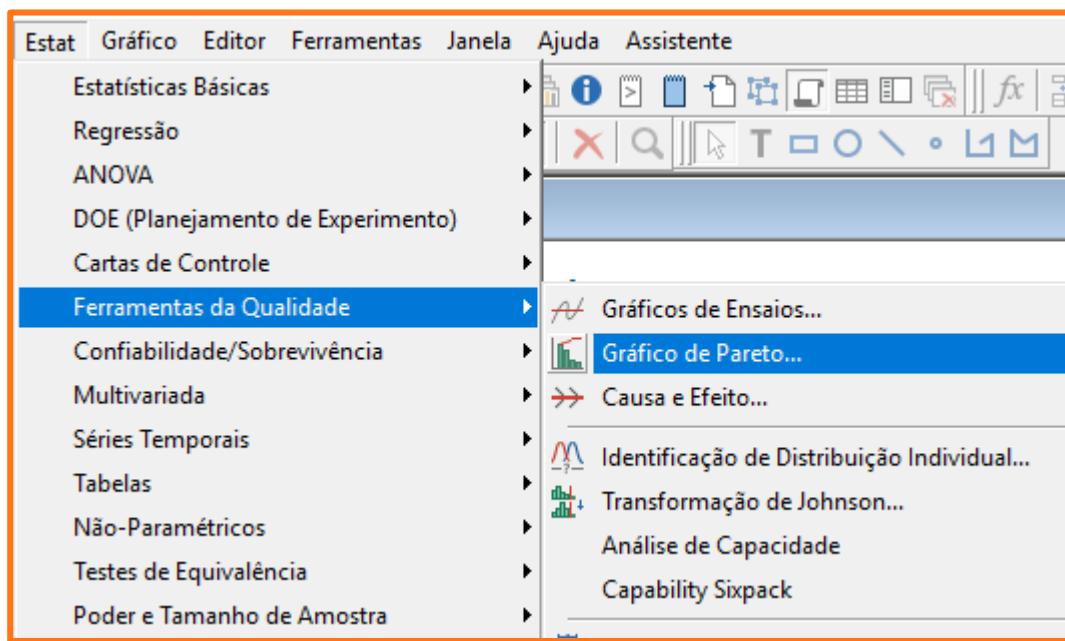
- ❑ Na Voitto Tubes, sempre que um produto é desclassificado identifica-se o motivo e é registrada, de forma confiável, a quantidade de produto desclassificado por um motivo específico em toneladas.

- ❑ Portanto, é possível avaliar se existe um motivo que gera maior quantidade de produto desclassificado. O gestor da empresa construiu um Pareto utilizando o valor médio em toneladas por motivo (baseline: 2015).

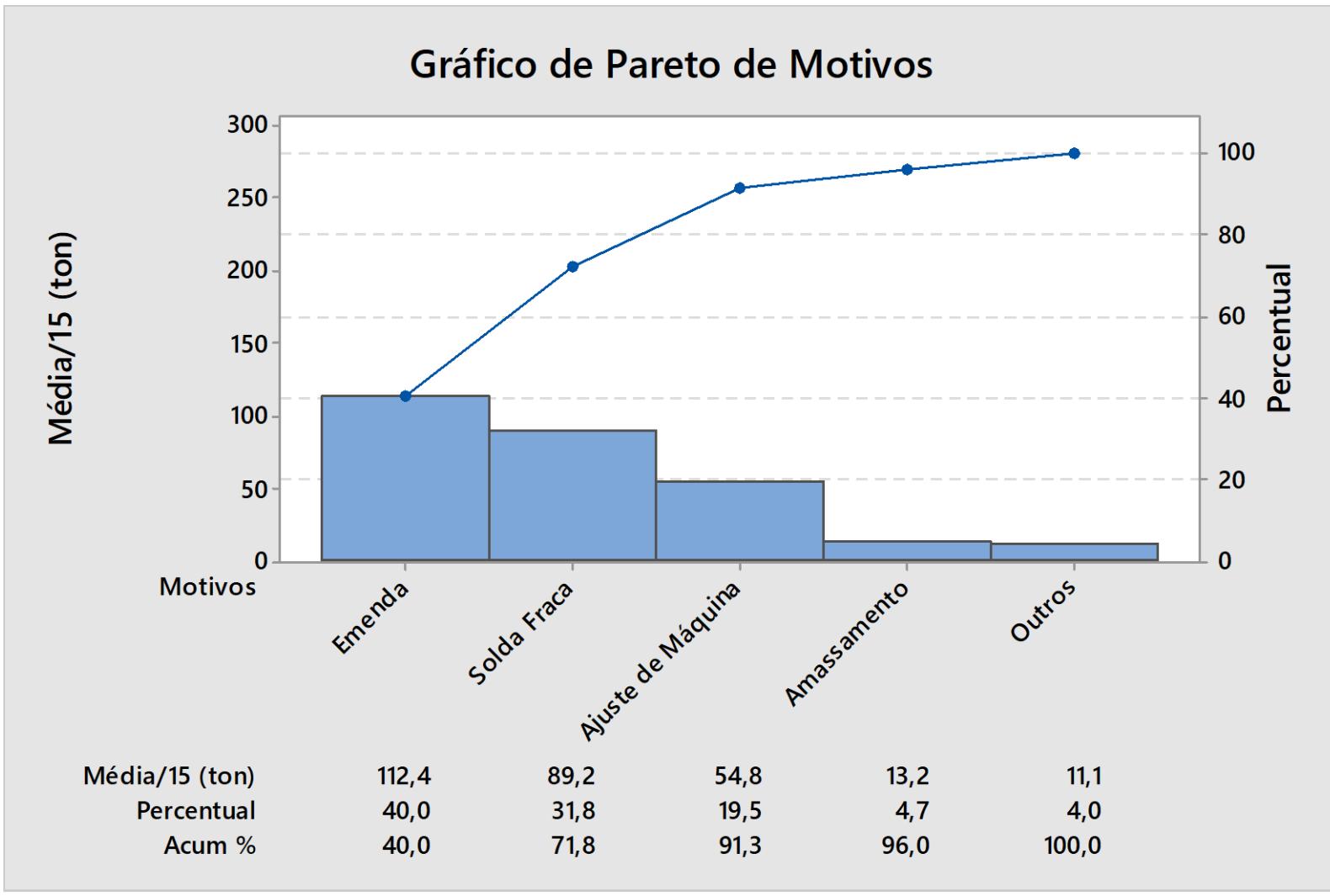
❖ Atividade – Voitto Tubes



- ❑ Selecione Stat > Ferramentas da Qualidade > Gráfico de Pareto...
- ❑ Selecione a coluna “Motivos” na primeira linha.
- ❑ Selecione a coluna Média/15 (ton) na segunda linha > Clicar em OK



❖ Atividade – Voitto Tubes



❖ Atividade – Voitto Tubes



- Com base no Pareto, é possível identificar os itens vitais?
- Se a meta do projeto Lean Seis Sigma fosse reduzir em 40% a quantidade média (em toneladas) de produtos desclassificados, qual seria o percentual de redução necessário se trabalharmos apenas com os itens vitais? Considere que a meta global de redução de 40% é sobre o valor médio de 280,7 toneladas.

- Considerando que os itens vitais acumulam cerca de 80% de relevância, então temos 3 itens vitais: emenda, solda fraca e ajuste de máquina.
 - Meta global = reduzir de 280,7 para 168,42 toneladas.
 - Itens vitais somam 256,4 toneladas
 - Itens triviais somam 24,3 toneladas
 - A redução deve ocorrer somente para os itens vitais, portanto se conseguirmos uma redução de 43,8% nos 3 itens vitais isso resulta em uma redução global de 40% conforme dita a meta.

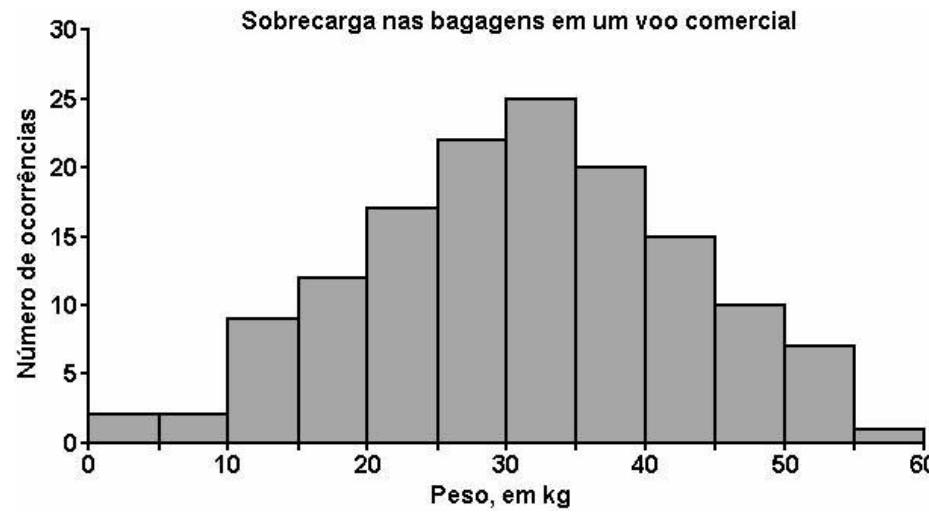


Histograma

Um Histograma, também conhecido como Diagrama de Distribuição de Frequências, é a representação gráfica, em colunas (retângulos), de um conjunto de dados previamente tabulado e dividido em classes uniformes.

- A base de cada retângulo representa uma classe;
- A altura de cada retângulo representa a quantidade ou frequência com que o valor dessa classe ocorreu no conjunto de dados.

Ao dispor as informações graficamente, o Histograma permite a visualização dos valores centrais, a dispersão em torno dos valores centrais e a forma da distribuição.



❖ ***Atividade – Voitto Tubes***



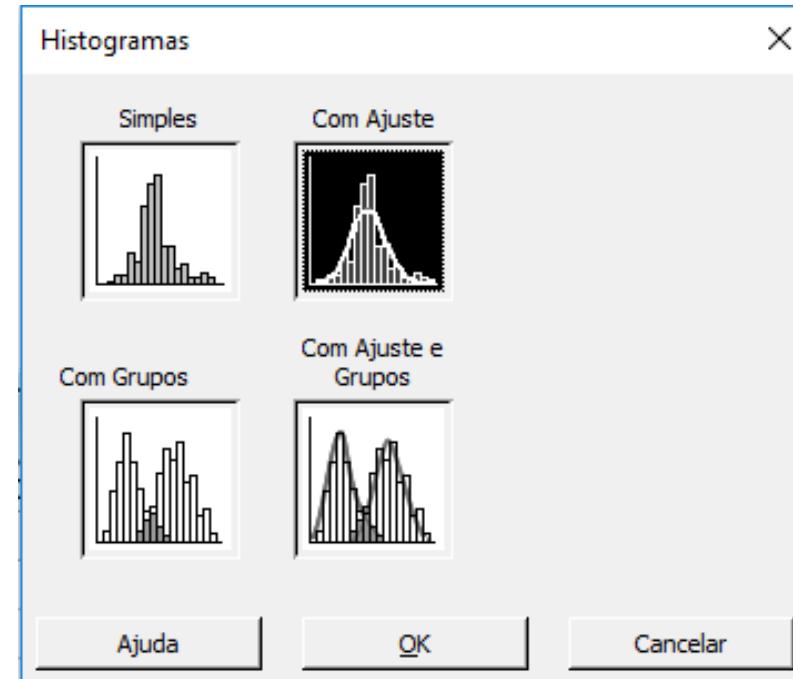
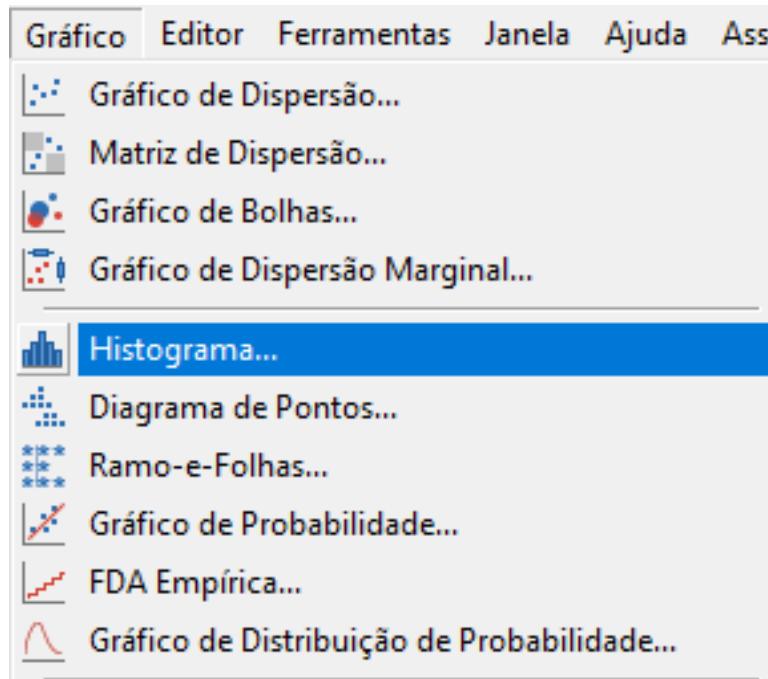
Após a análise com o Pareto, o gestor decidiu focar seus esforços em três motivos vitais para o problema, sendo eles: emenda, solda fraca e ajuste de máquina.

Com o Histograma será possível avaliar a forma aproximada dos dados, a locação dos valores centrais e a dispersão. O objetivo é analisar cada motivo individualmente, mas também comparar os comportamentos.

❖ Atividade – Voitto Tubes



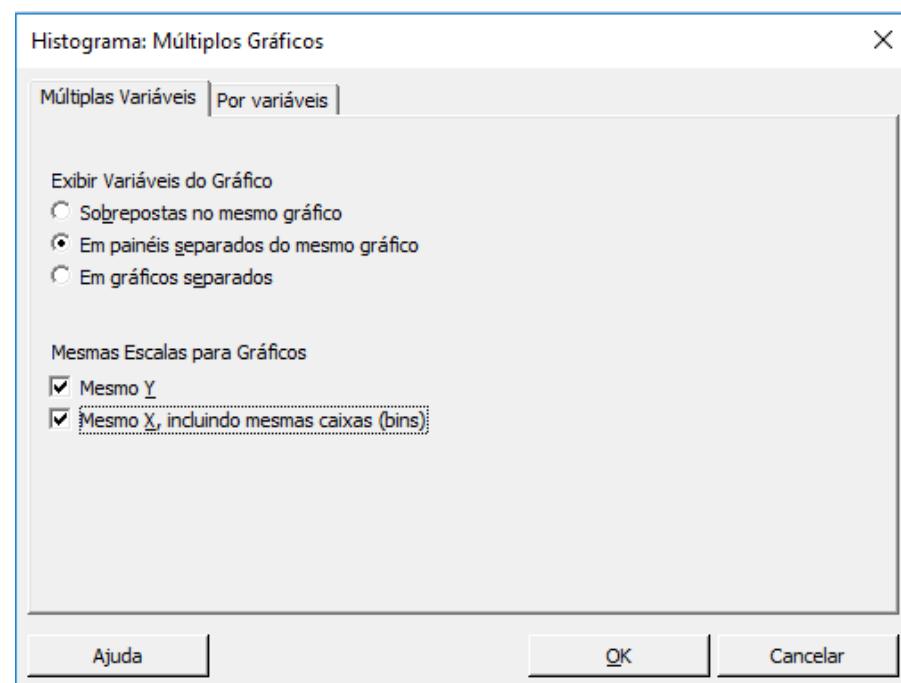
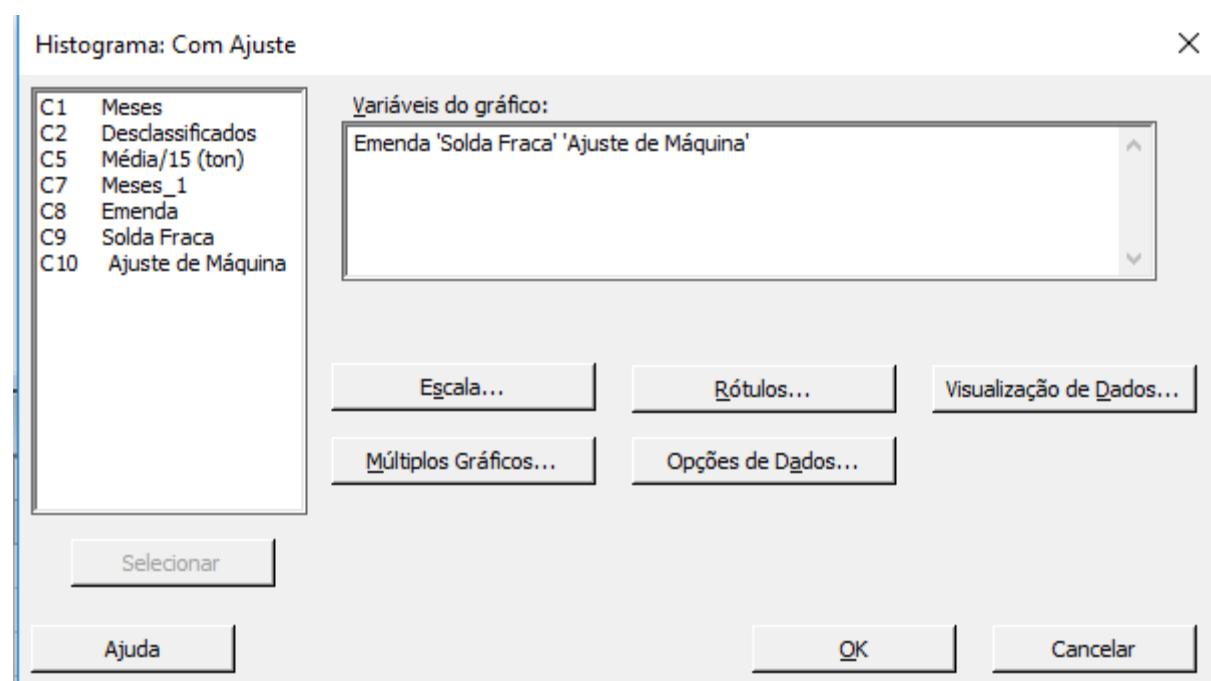
- ❑ Selecione Gráficos > Histograma > Com Ajuste > clicar em OK.



❖ Atividade – Voitto Tubes



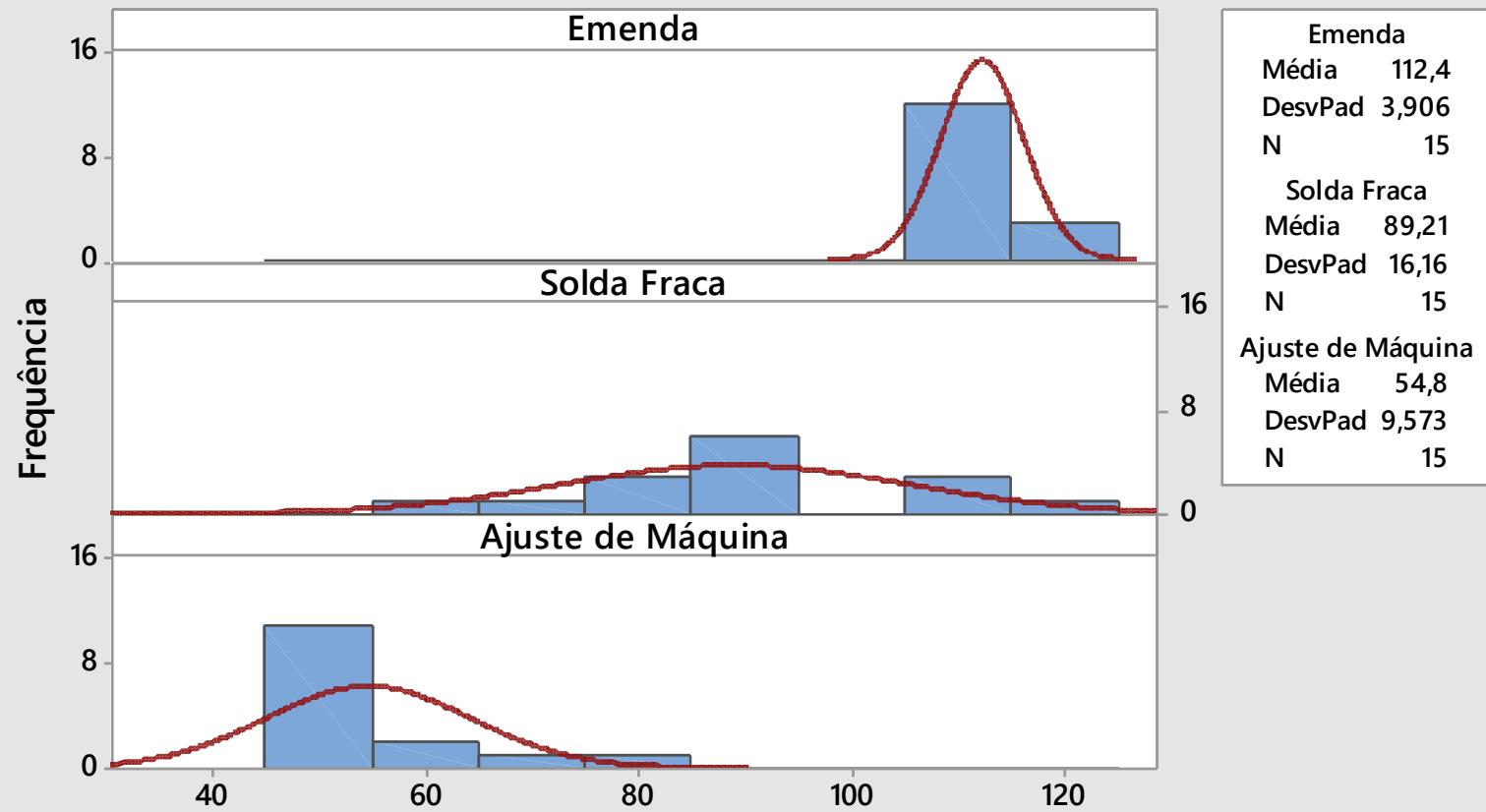
- ❑ Selecione as três variáveis: Emenda, Solda Fraca, Ajuste de Máquina.
- ❑ Selecione Múltiplos Gráficos > Em painéis separados do mesmo gráfico > clicar OK duas vezes.



❖ Atividade – Voitto Tubes



Histograma de Emenda; Solda Fraca; Ajuste de Máquina
Normal



❖ Atividade – Voitto Tubes



- O comportamento dos três motivos de desclassificados é semelhante?
- Qual motivo possui a menor média e qual motivo possui o menor desvio padrão?
- Os três motivos possuem um comportamento aproximadamente Normal?
- Qual motivo se destaca como o que mais contribui para o problema?

- O comportamento dos três motivos de desclassificados são diferentes tanto em locação quanto em variabilidade e forma.
 - A emenda possui maior média e também o menor desvio padrão.
 - Aparentemente apenas o motivo ajuste de máquina não possui um comportamento Normal. A curva de dados do motivo de ajuste de máquina é uma Log Normal.
- O motivo Emenda contribui mais para o volume total de desclassificados (em toneladas), já o motivo Solda Fraca contribui com sua alta variabilidade.



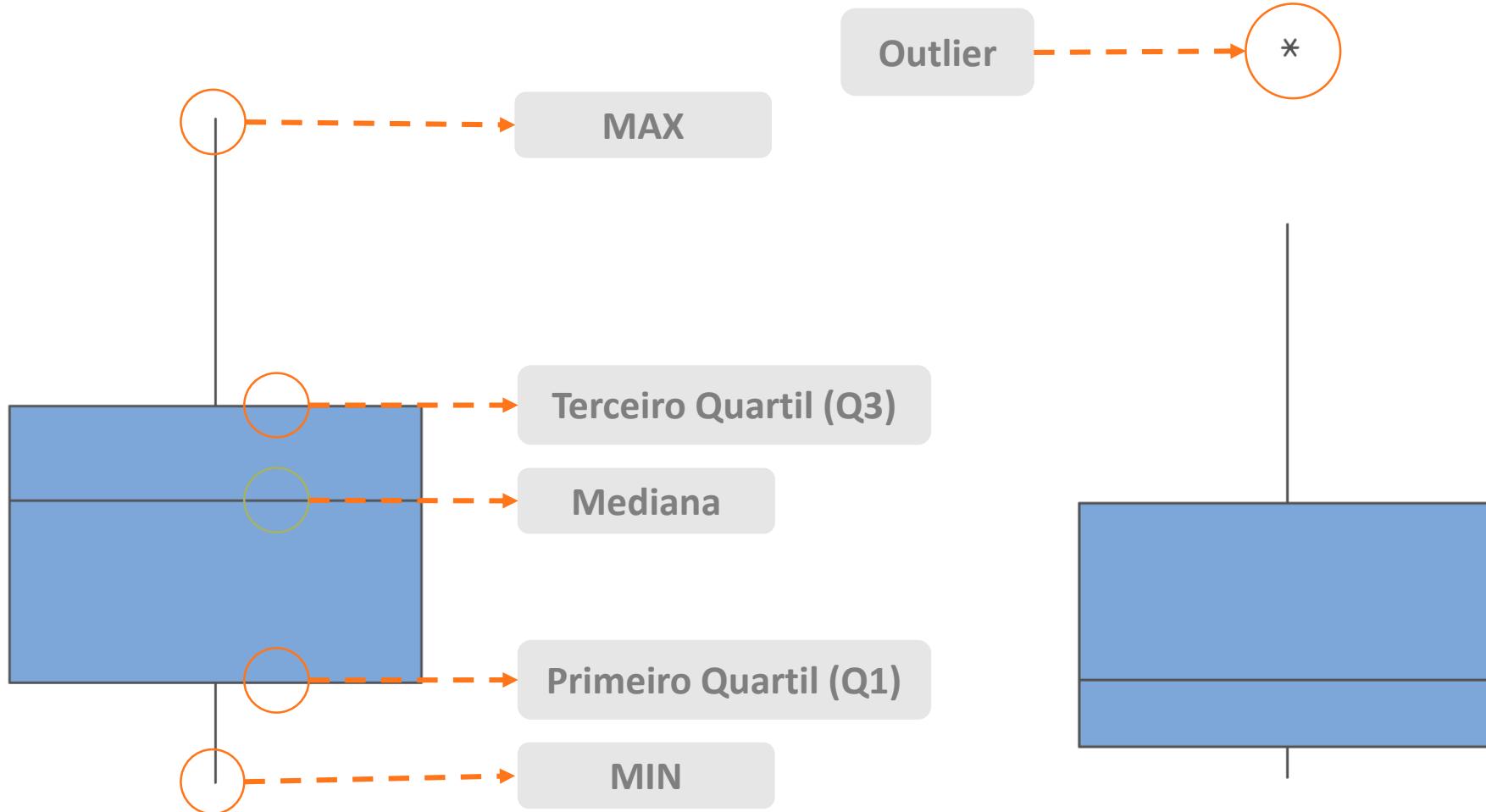
❖ Gráfico de Boxplot

- ❑ O Boxplot é construído utilizando as referências de valor mínimo e máximo, primeiro e terceiro quartil, mediana e outliers. A parte central do gráfico contém os valores que estão entre o primeiro quartil (Q1) e o terceiro quartil (Q3). As hastes inferiores e superiores se estendem, respectivamente, do primeiro quartil até o menor valor e do terceiro quartil até o maior valor.

- ❑ No Boxplot é possível observar características como a locação do valor mediano, a dispersão e amplitude dos dados, a simetria ou assimetria da distribuição e a presença de *outliers*.



❖ Gráfico de Boxplot



❖ **Atividade – Voitto Tubes**



Na empresa Voitto Tubes, o gestor construiu o Boxplot dos três principais motivos de desclassificados e fez uma análise semelhante à do Histograma.

Com o Boxplot fica mais evidente a presença de outliers e a assimetria dos dados. Além disso, a comparação entre os três motivos analisados é mais fácil já que a amplitude e a locação do Boxplot é visualmente simples de identificar.



❖ Atividade – Voitto Tubes

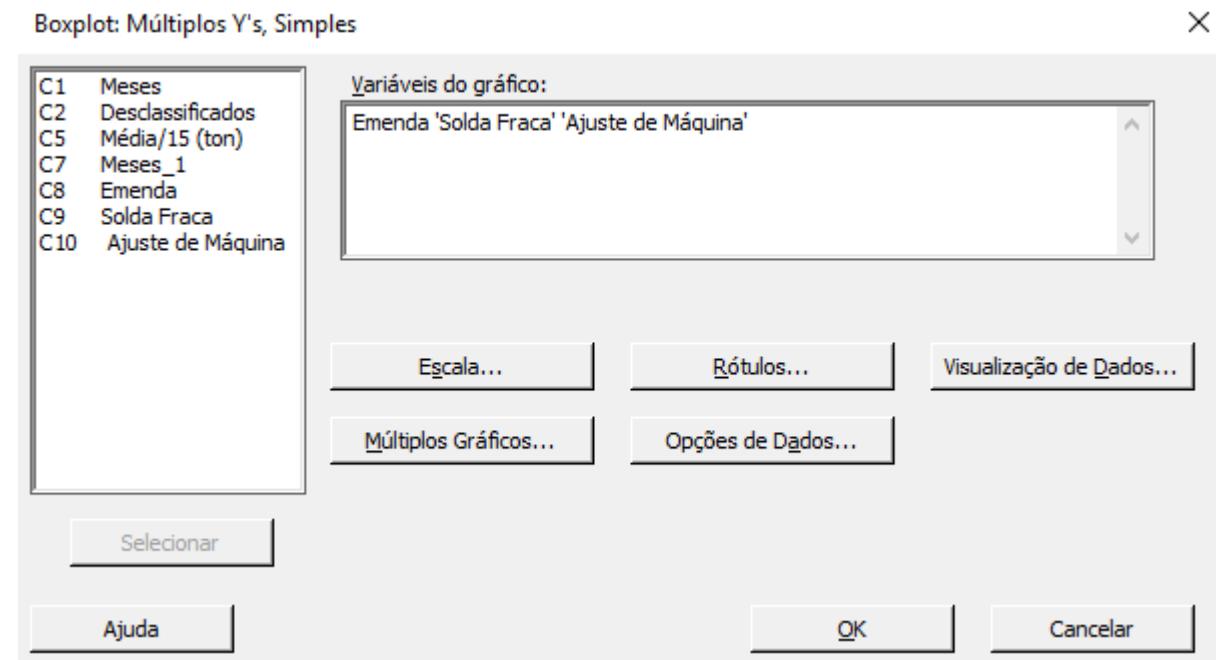
❑ Selecione Gráficos > Boxplot > Múltiplos Y's Simples > clicar em OK.

The screenshot shows the SPSS software interface. On the left, the 'Gráfico' menu is open, displaying various chart options. The 'Boxplot...' option is highlighted with a blue bar at the bottom. To the right, a 'Boxplots' dialog box is displayed. This dialog box has two main sections: 'Um Y' (Single Y) and 'Múltiplos Y's' (Multiple Y's). Under 'Um Y', there are two sub-sections: 'Simples' (Simple) and 'Com Grupos' (With Groups), each showing a small icon of a boxplot. Under 'Múltiplos Y's', there are also two sub-sections: 'Simples' and 'Com Grupos', each showing a small icon of a boxplot with multiple panels. At the bottom of the dialog box are three buttons: 'Ajuda' (Help), 'OK', and 'Cancelar' (Cancel).

❖ Atividade – Voitto Tubes



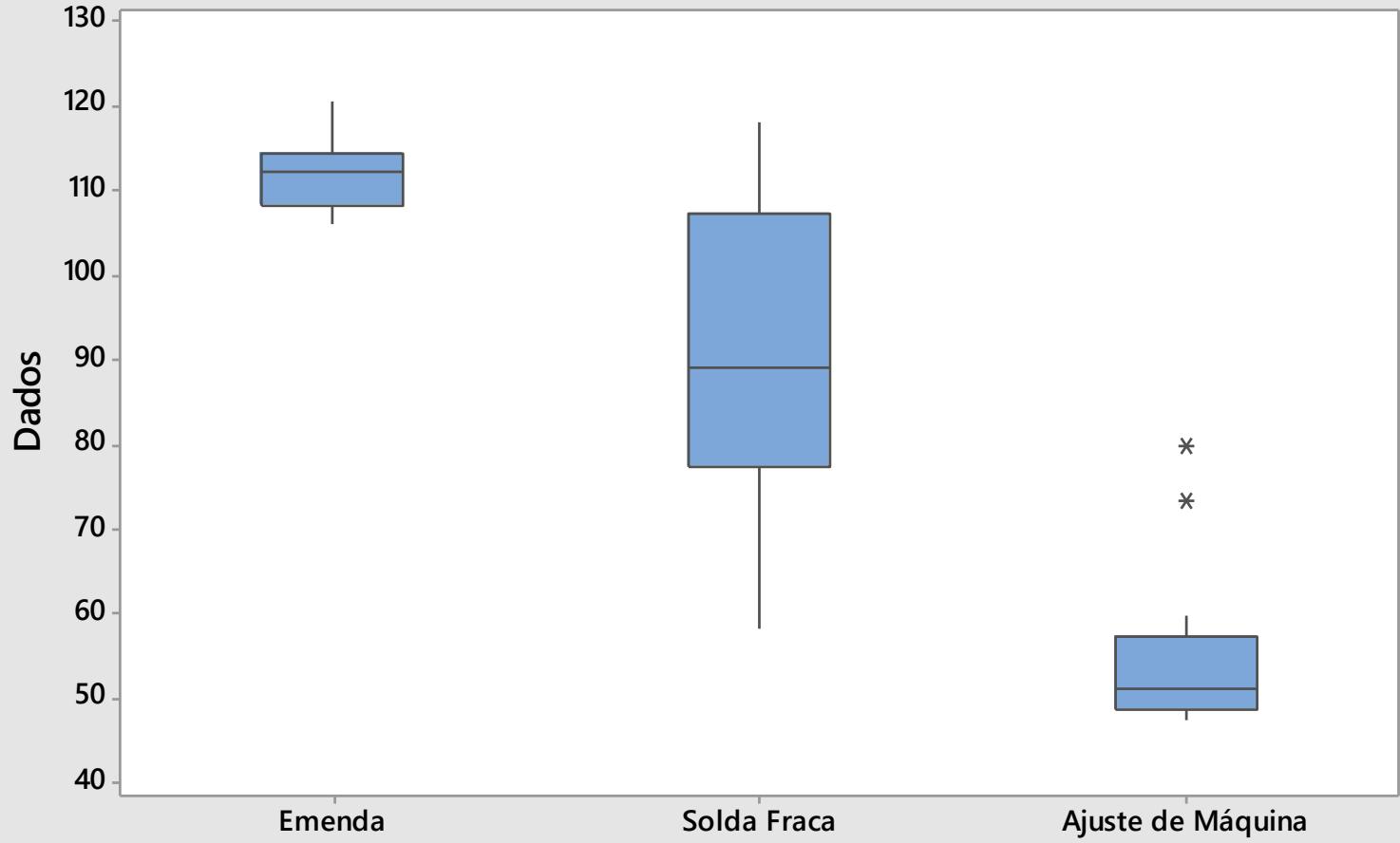
- ❑ Selecione as três varáveis: Emenda, Solda Fraca e Ajuste de Máquina >clicar em OK.



❖ Atividade – Voitto Tubes



Boxplot de Emenda; Solda Fraca; Ajuste de Máquina



❖ Atividade – Voitto Tubes



- Quais observações podemos fazer mais facilmente com o Boxplot ao invés do Histograma?
- Qual é o motivo com maior dispersão?
- Qual é o motivo com maior valor mediano?
- Quantos *outliers* podemos observar nos três Boxplots?

- No Boxplot é possível observar facilmente a simetria ou assimetria dos dados, a diferença na amplitude/variabilidade de cada motivo, a posição do valor mediano e a existência de outliers.
 - A Solda Fraca possui maior dispersão.
 - A Emenda possui maior valor mediano.
- Podemos observar 2 outliers, todos no Boxplot do motivo Ajuste de Máquina



Módulo 3

DMAIC: Fase Medição

- Lição 1: Fase de Medição;*
- Lição 2: Mapa de Processo;*
- Lição 3: Espinha de Peixe;*
- Lição 4: Matriz Causa e Efeito;*
- Lição 5: Matriz Esforço x Impacto;*
- Lição 6: Conceitos de Estatística e Probabilidade;*
- Lição 7: Amostragem;*
- Lição 8: Introdução ao Minitab 18;*
- Lição 9: Estatística Descritiva;*



Módulo 3

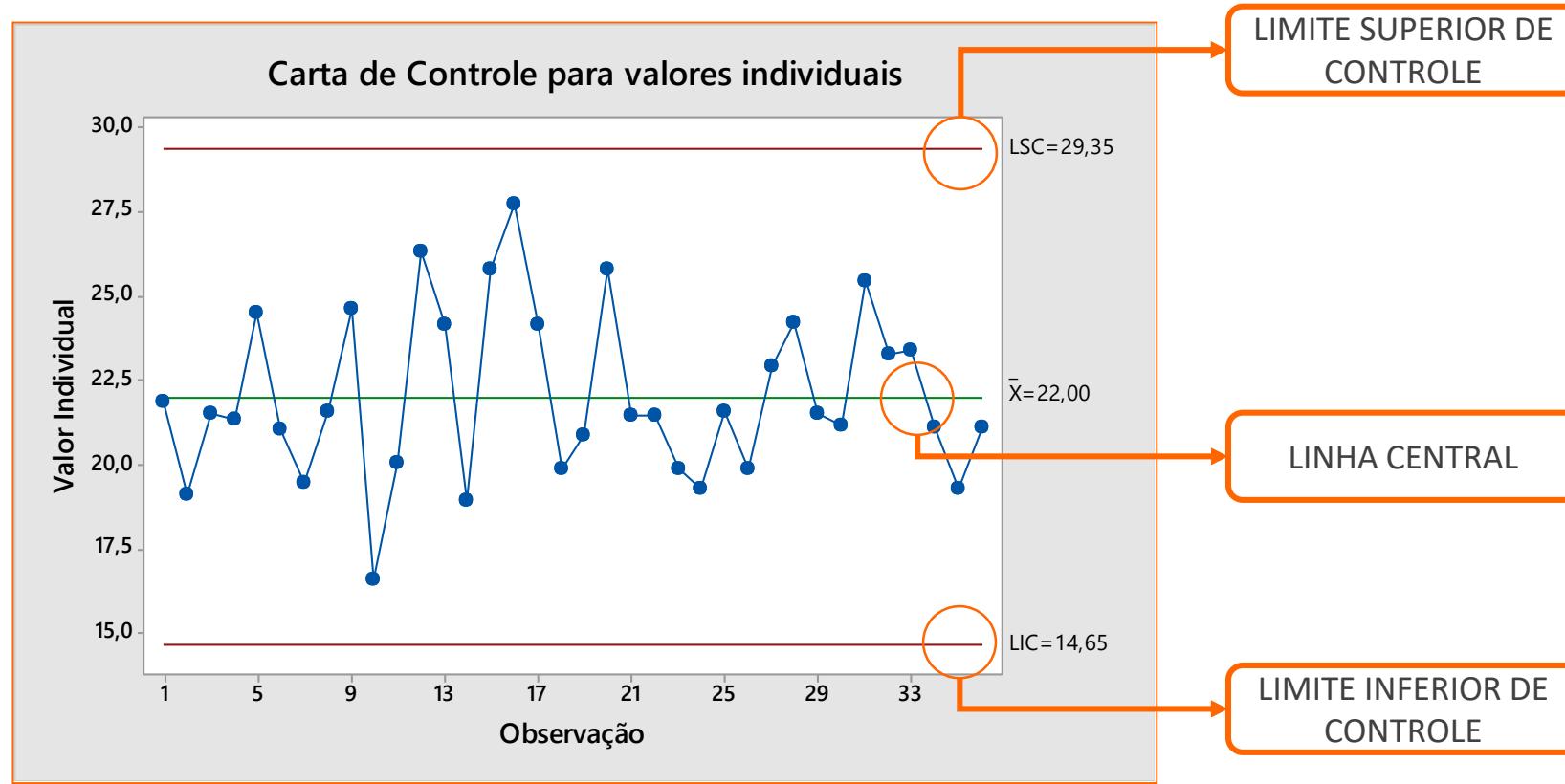
DMAIC: Fase Medição

- Lição 10: Principais Distribuições de Probabilidade;*
- Lição 11: Distribuição Normal e Teste de Normalidade;*
- Lição 12: Gráficos Básicos;*
- Lição 13: Cartas de Controle;***
- Lição 14: Capabilidade do Processo;*
- Lição 15: Análise do Sistema de Medição (dados contínuos);*
- Lição 16: Análise do Sistema de Medição (dados discretos);*
- Lição 17: Dinâmica dos carrinhos;*
- Consolidação do Conhecimento.*



❖ Cartas de Controle

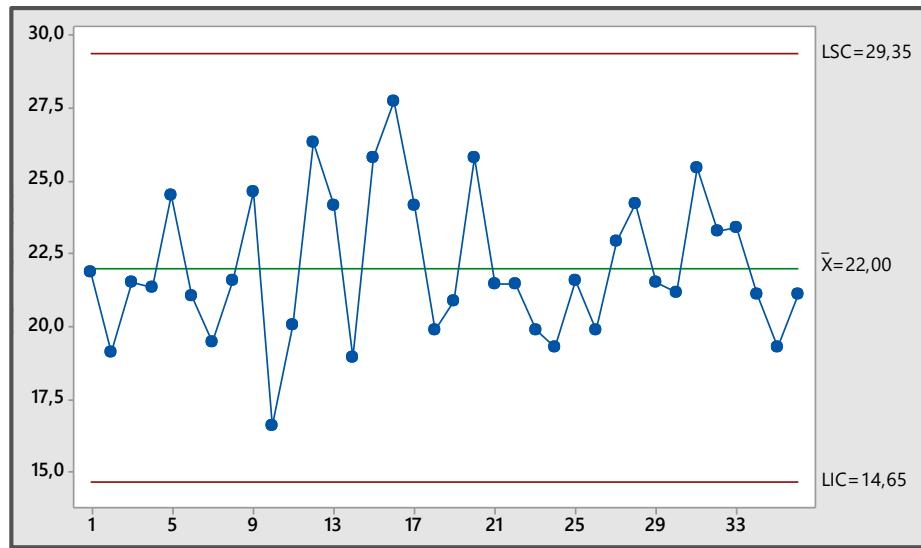
- É um conjunto de pontos (amostras) ordenados, no tempo, que são interpretados em função de linhas horizontais, chamadas de LSC (limite superior de controle) e LIC (limite inferior de controle).





❖ Cartas de Controle

- As Cartas de Controle são elaboradas para dados com distribuição Normal ou aproximadamente Normal. São ferramentas para o monitoramento da variabilidade e avaliação da estabilidade do processo.
- Através das Cartas de Controle podemos distinguir a atuação de causas comuns e causas especiais no processo.

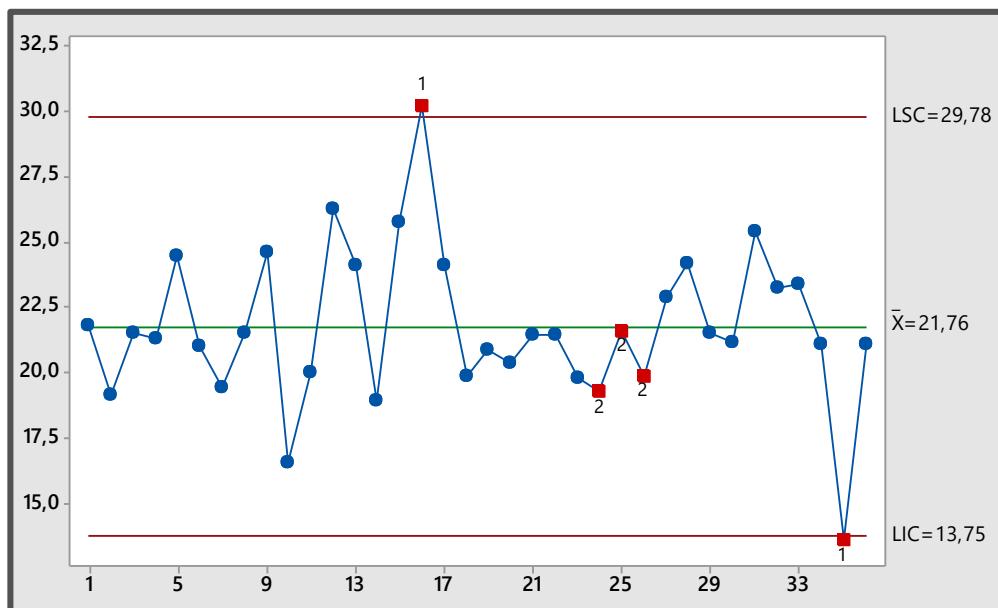


O processo está sujeito apenas às causas comuns e por isso é considerado estável e previsível. **Dizemos que o processo está sob controle estatístico.**



❖ Cartas de Controle

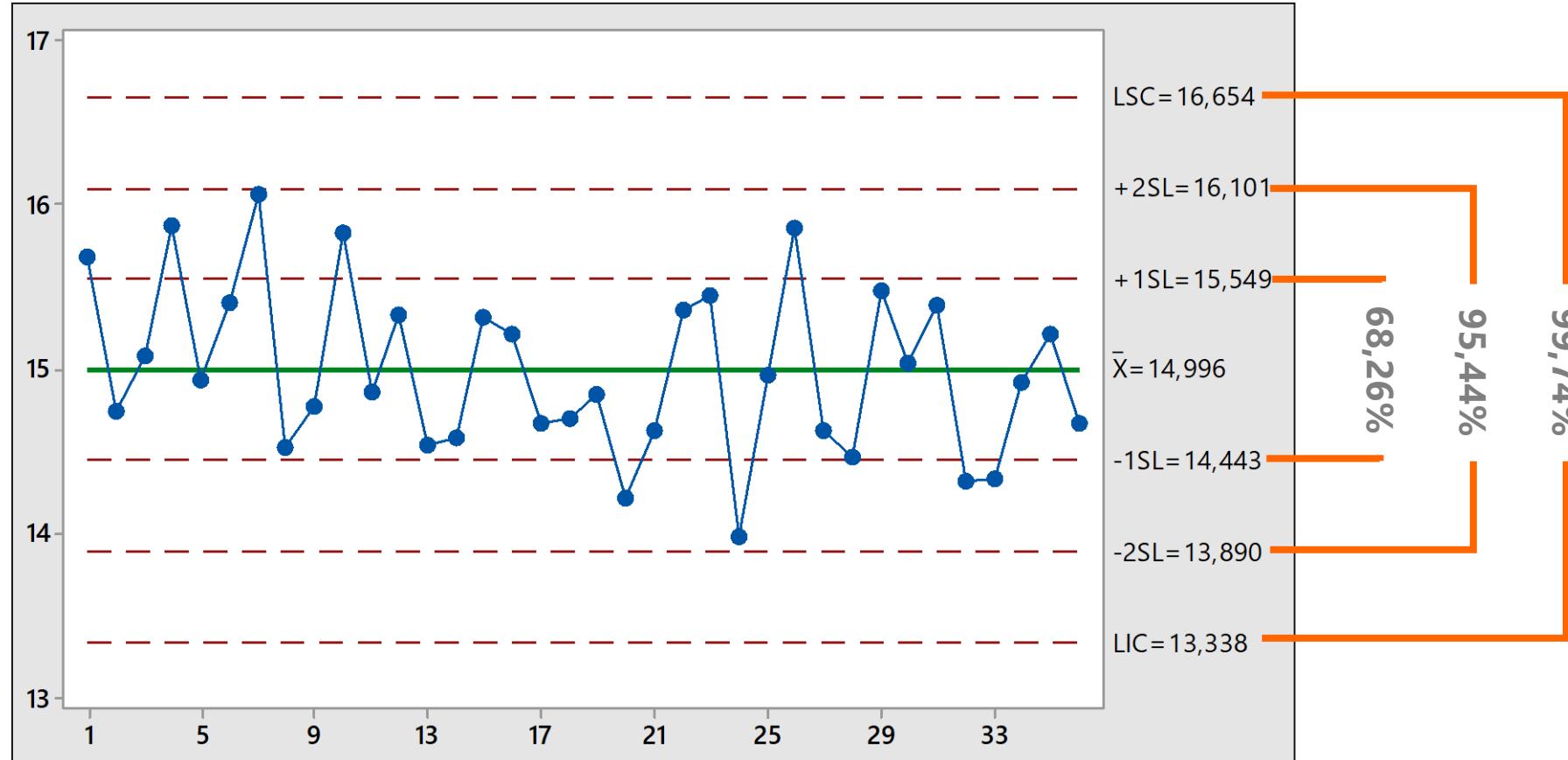
- A teoria estatística desenvolvida por Shewhart para cálculo dos limites de controle é baseada na ideia da Distribuição Normal e, sendo o processo estável, os dados da amostra terão probabilidade muito próxima a 100% de estarem dentro do intervalo de -3 sigma e +3 sigma à partir da média populacional. Quando um valor fica fora desse intervalo assume-se que o processo não é mais estável.



O processo está sujeito a causas comuns e especiais, por isso é considerado instável e imprevisível. Dizemos que o processo está fora de controle estatístico.



❖ Regra do Desvio Padrão

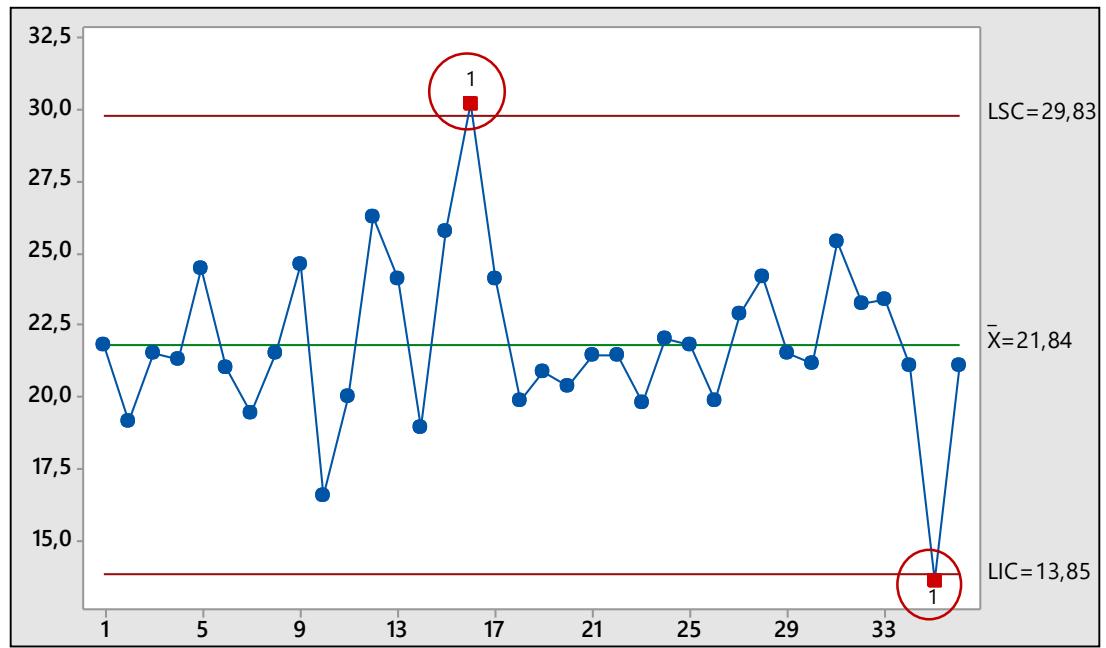




❖ Identificação de Causas Especiais

A ocorrência de qualquer um dos 5 testes que abordaremos a seguir, indica uma **potencial causa especial** atuando no processo e, consequentemente a evidência de instabilidade e necessidade da **série de pontos que precisa ser investigada**.

Pontos fora dos Limites de Controle

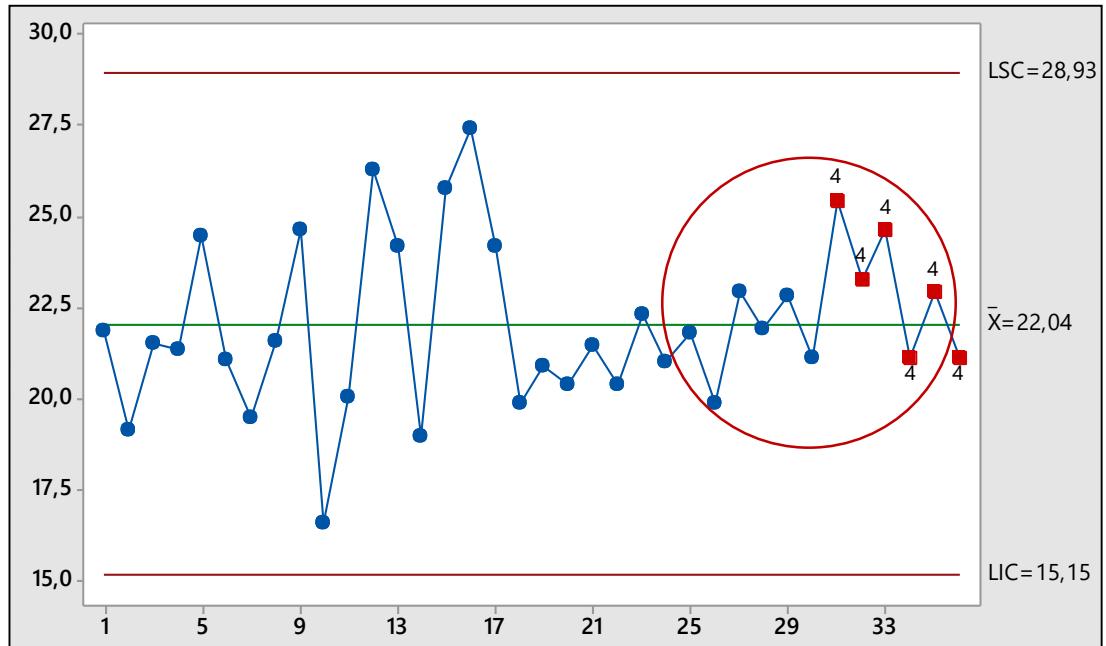


Um ou mais pontos ultrapassam as linhas do LIC ou LSC.



❖ Identificação de Causas Especiais

❑ Periodicidade

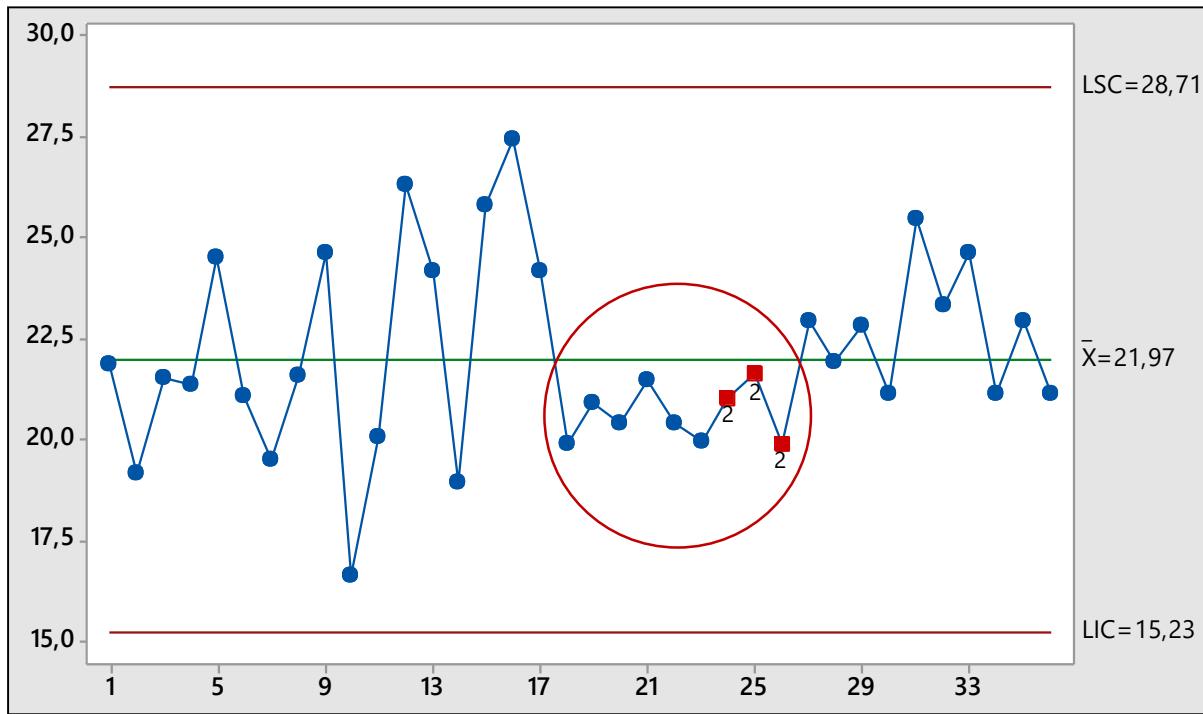


A curva traçada apresenta repetidamente uma tendência para cima e para baixo em intervalos de tempos de amplitude similares.



❖ Identificação de Causas Especiais

□ Sequência

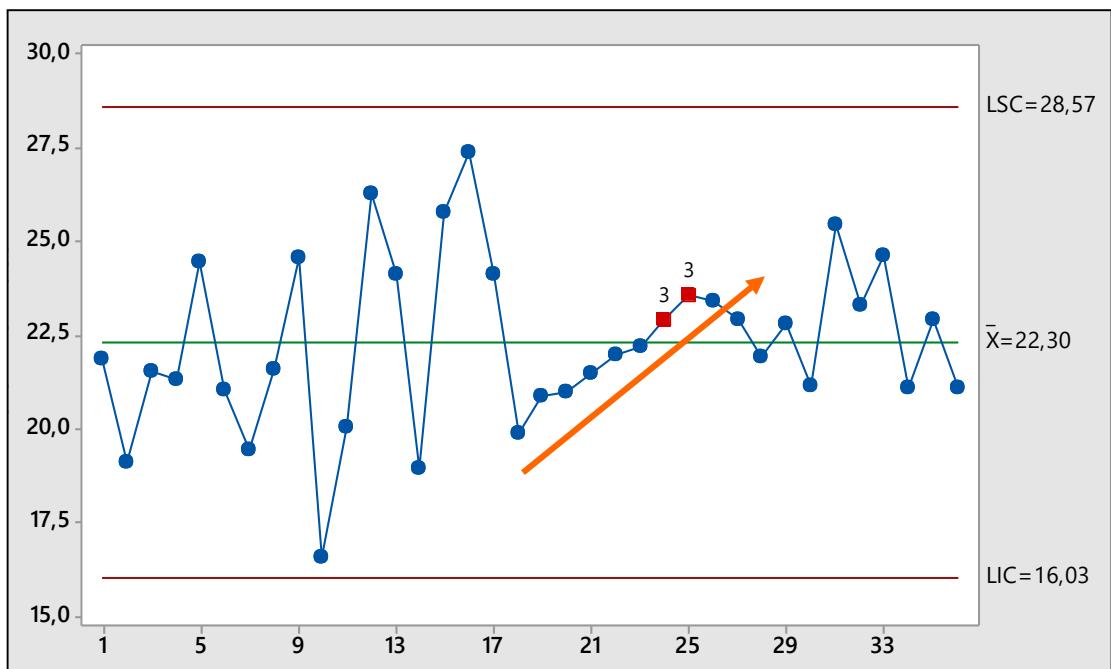


Sete ou mais pontos consecutivos aparecem em apenas um dos lados da linha média.



❖ Identificação de Causas Especiais

❑ Tendência

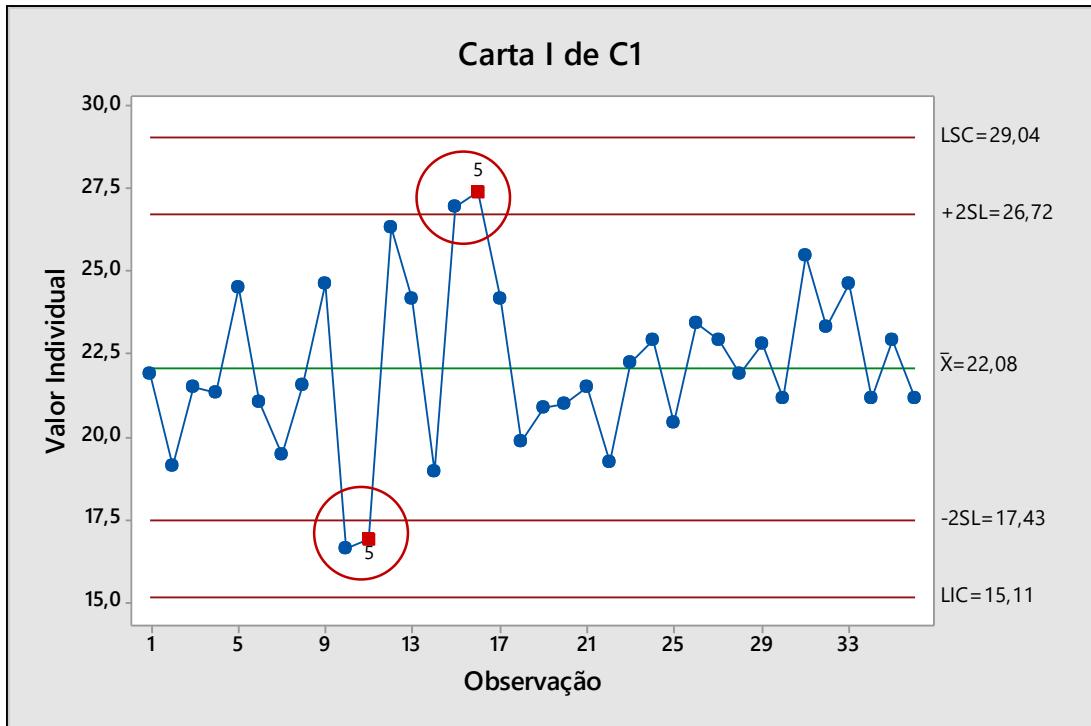


Sete ou mais pontos consecutivos apresentam um movimento contínuo ascendente ou descendente.



❖ Identificação de Causas Especiais

❑ Aproximação do limites de controle



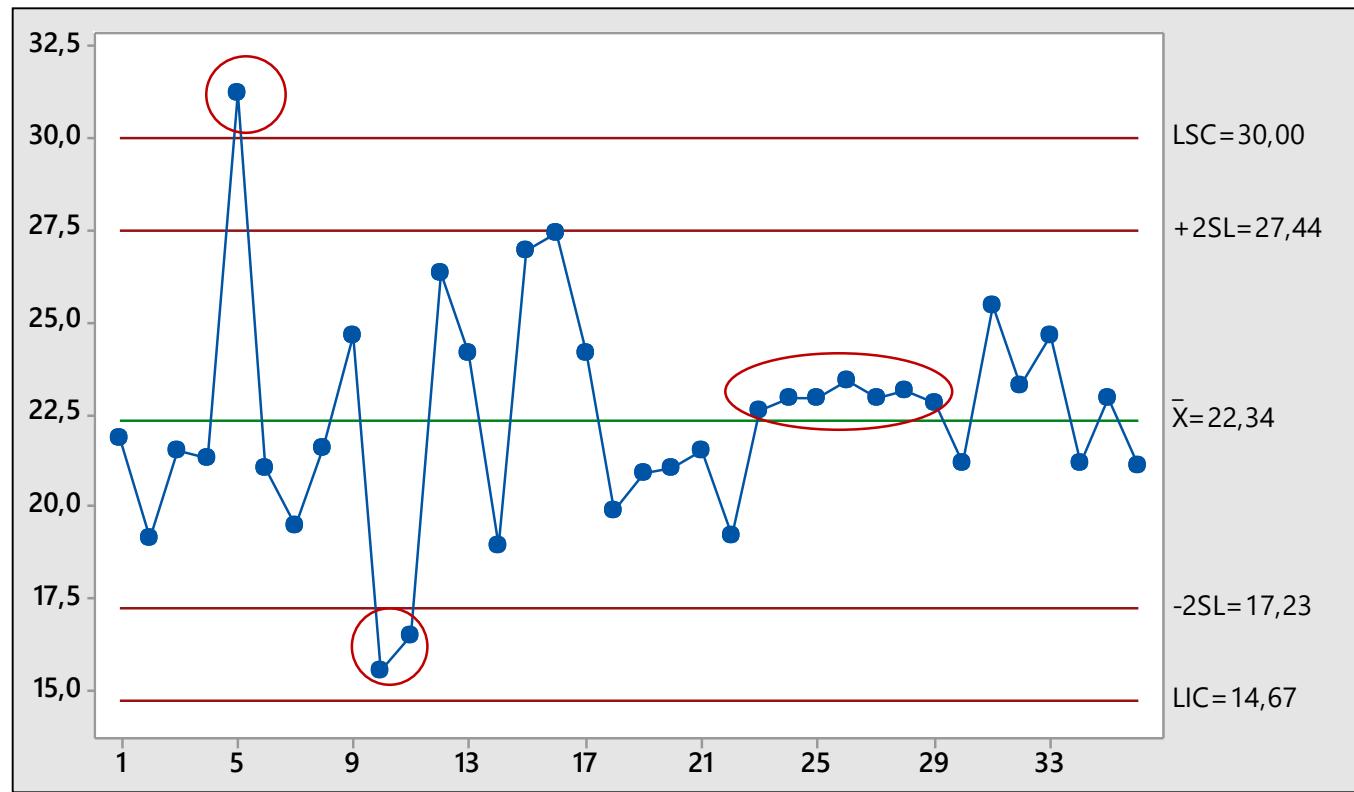
Ocorrência de 2 de três pontos consecutivos entre as linhas +2sigma e +3sigma ou entre as linhas -2sigma e -3sigma.

❖ Tarefa Prática - Identificação de Causas Especiais



- Identifique se o processo abaixo apresenta causas especiais, ou seja, se é um processo fora de controle estatístico e indique quais são os critérios de instabilidade.

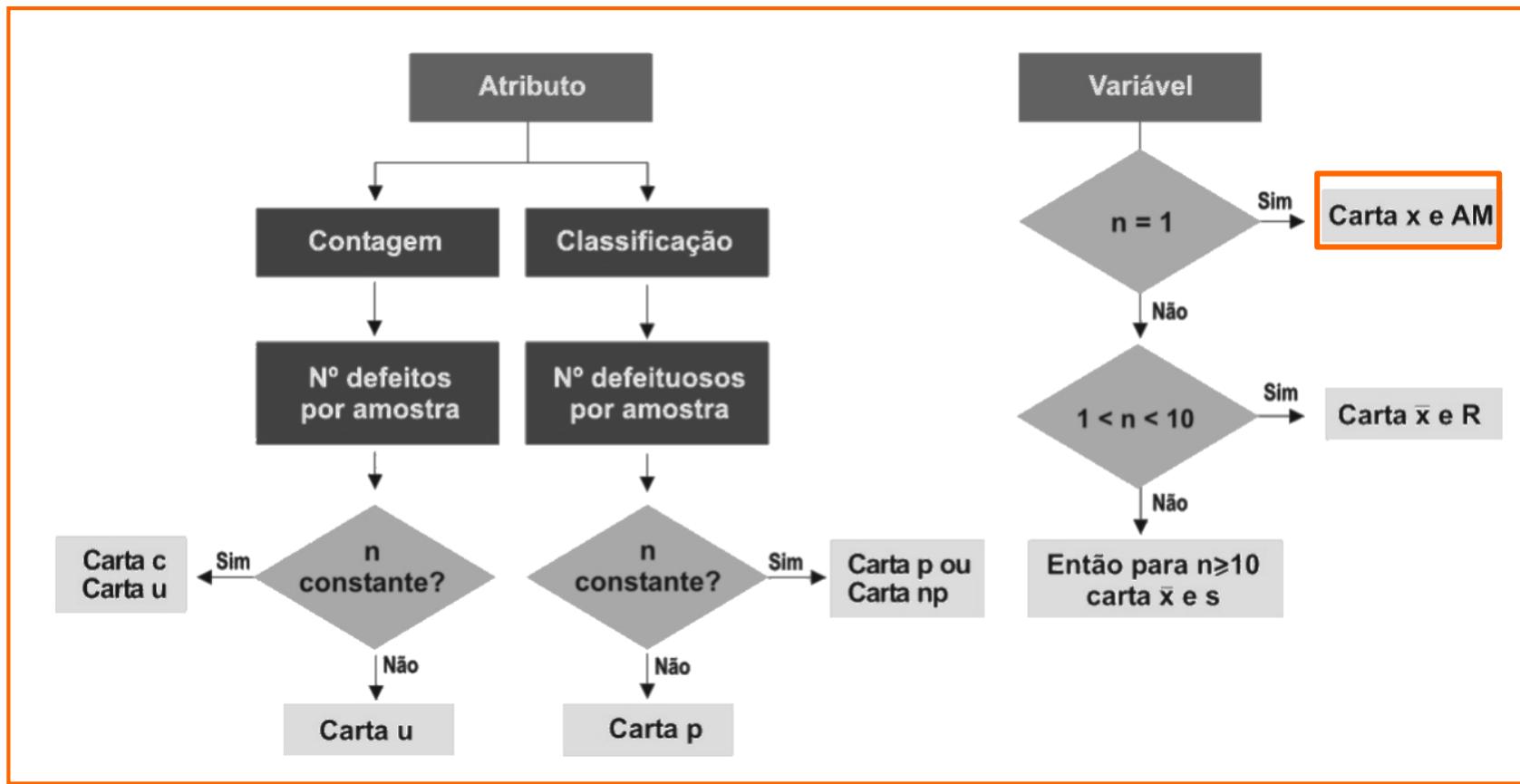
1. Ponto fora do limite superior de controle;
2. Aproximação dos limites de controle (dois pontos de 3 pontos entre -2σ e -3σ);
3. Sequência.





❖ Tipos de Cartas de Controle

Existem várias opções de Cartas de Controle, utilizadas conforme é feita a coleta dos dados. **Nosso foco serão as Cartas I-MR (ou X-AM).**





❖ **Cartas de Controle I-AM ou X-AM**

As Cartas I-AM são utilizadas quando o tamanho da amostra é igual a uma unidade por período de medição (subgrupo = 1).

- **Carta I:** apresenta os valores individuais no eixo do tempo e a linha central é igual à média dos valores. Validamos os 5 critérios de instabilidade na Carta I.
- **Carta AM:** apresenta os valores da Amplitude Móvel no eixo do tempo, uma medida de variabilidade de curto prazo. A linha central é igual à média das amplitudes móveis. Validamos apenas o critério pontos fora dos limites de controle na Carta AM.
 - **A amplitude móvel é calculada como o módulo da subtração de dois valores individuais consecutivos.**



❖ *Cartas de Controle I-AM*

Os limites de controle das Cartas I-AM são calculados conforme as equações abaixo:

CARTA I

$$LSC = \bar{x} + 3 \frac{\overline{AM}}{1,128}$$

$$LIC = \bar{x} - 3 \frac{\overline{AM}}{1,128}$$

CARTA AM

$$LSC = 3,267 \overline{AM}$$

$$LIC = 0$$

❖ **Atividade Prática - Empresa Topa Tudo**



A empresa **Varejo Online Topa Tudo** é líder de mercado desde 2009, mas cresceu de forma desordenada e atualmente enfrenta problemas com custos acima do previsto, desperdícios e retrabalho.

Um dos maiores problemas são os erros e os desperdícios no processo de embalagem e expedição dos produtos nos Centros de Distribuição. Um percentual significativo de embalagens são descartadas por estarem rasgadas ou amassadas, impedindo a entrega correta dos produtos.

❖ *Atividade Prática - Empresa Topa Tudo*



Um Green Belt verificou que o percentual médio de embalagens classificadas como defeituosas e, consequentemente descartadas, era de 3,4%. Com isso, um projeto Lean Seis Sigma foi iniciado com uma meta de reduzir o %embalagens defeituosas para uma média de 2,1%.

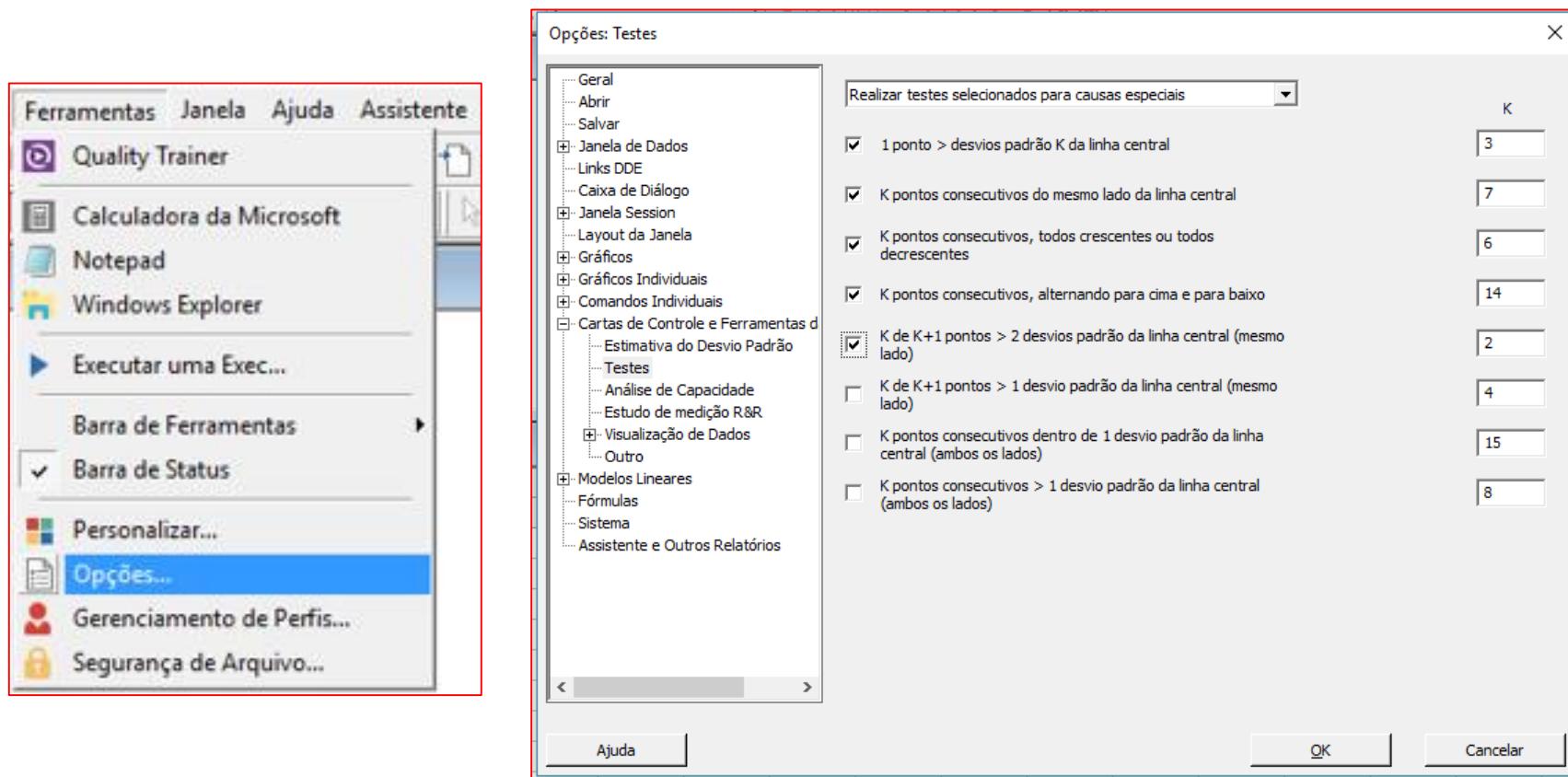
Construa as Cartas de Controle I-AM para o histórico do indicador. Verifique se o processo, nas condições atuais, é estável.

Abra o arquivo “*Atividade Topa Tudo.mtw*”.

❖ Atividade Prática - Empresa Topa Tudo



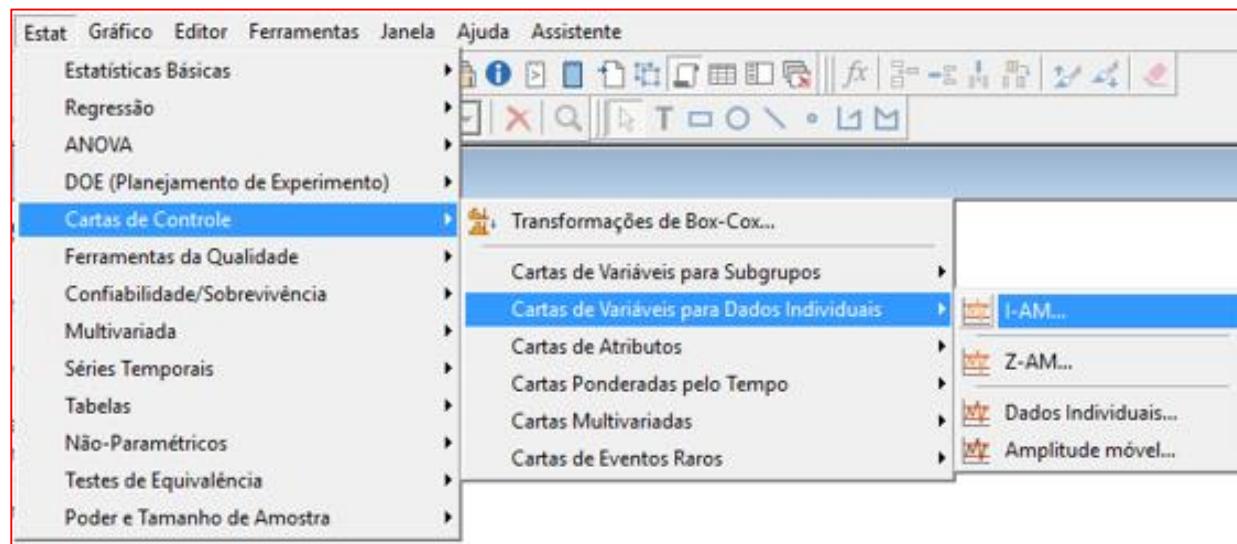
- ❑ Selecione Ferramentas > Opções... > Clicar em Cartas de Controle e Ferramentas da qualidade > Clicar em Testes > Configurar os testes conforme a imagem abaixo > Clicar em OK.



❖ Atividade Prática - Empresa Topa Tudo



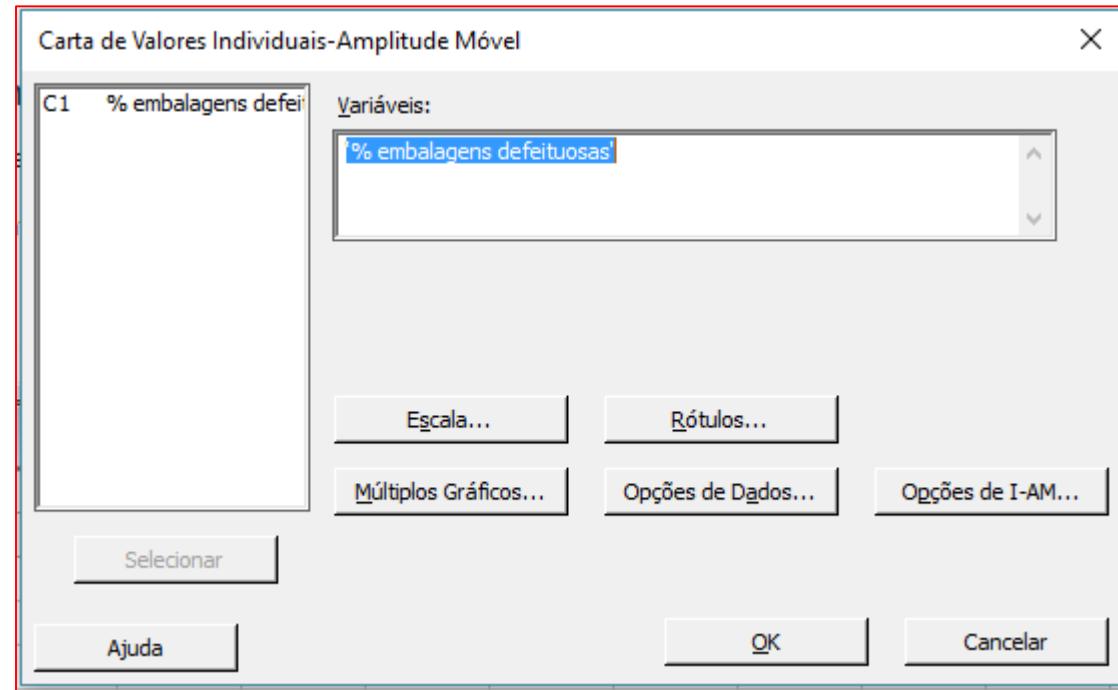
- ❑ Selecione Estat > Cartas de Controle > Cartas de Variáveis para dados Indivíduos > I-AM...



❖ Atividade Prática - Empresa Topa Tudo



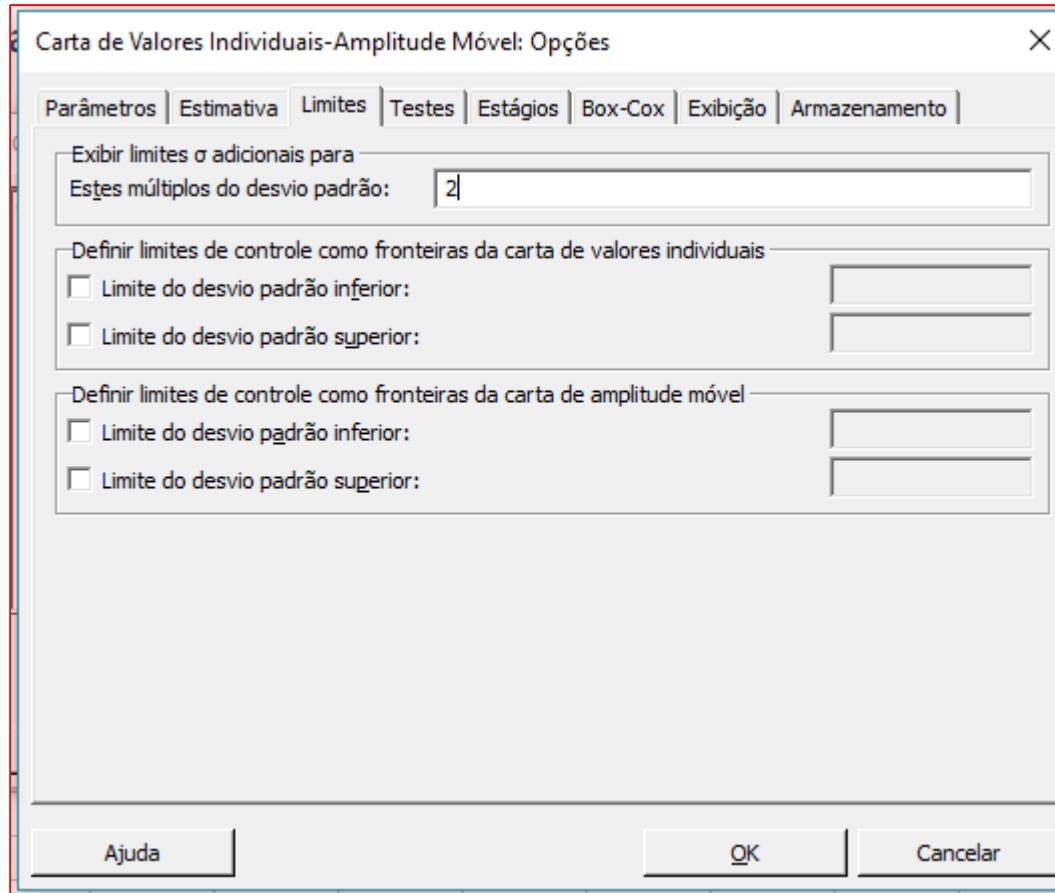
- Selecione as variáveis %embalagens defeituosas -> Clique em Opções de I-AM...



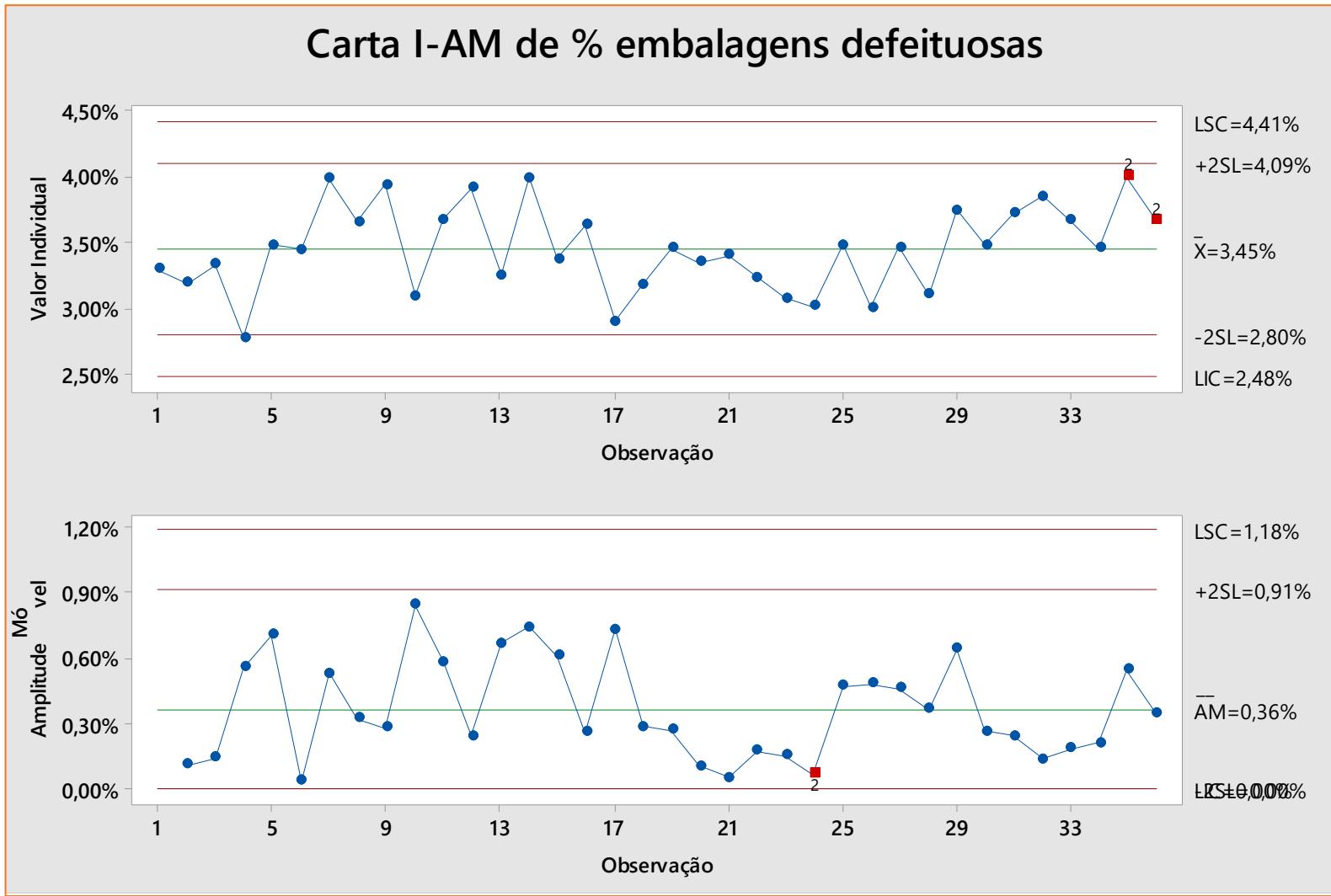
❖ Atividade Prática - Empresa Topa Tudo



- ❑ Selecione a aba Limites > Digite 2 no campo Estes múltiplos do desvio padrão > Clique em OK duas vezes.



❖ Atividade Prática - Empresa Topa Tudo



❖ Atividade Prática - Empresa Topa Tudo

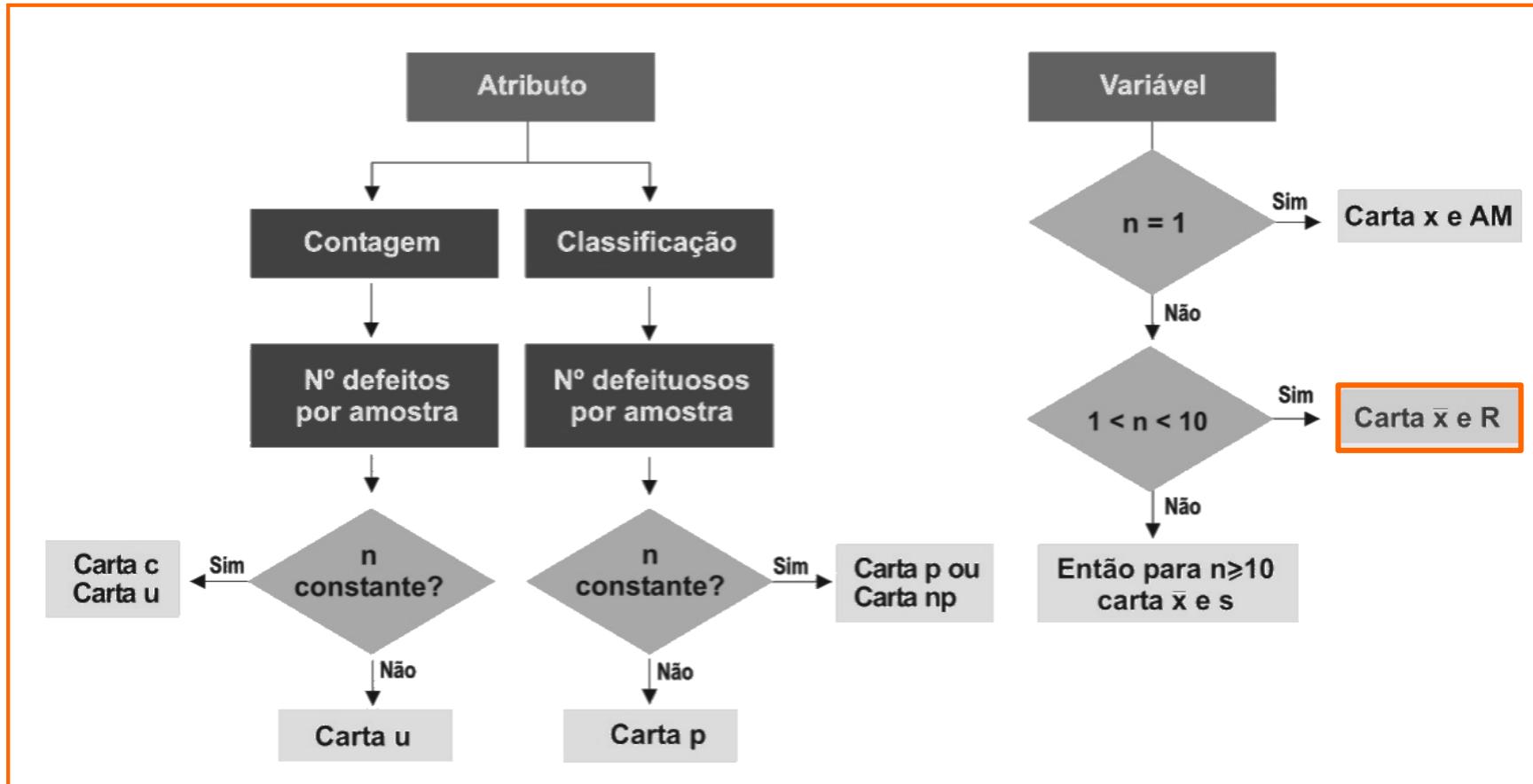


- Qual o valor dos limites de controle?
- Podemos considerar o processo estável?
- Quais foram as causas especiais que apareceram na Carta I e na Carta AM?

- LSC: 4,41% e LIC = 2,48%
- Não. O processo não é estável já que temos evidências de causas especiais.
- Na Carta I uma sequência.



❖ Cartas de Controle Xbarra-R





❖ *Cartas de Controle Xbarra-R*

As Cartas Xbarra-R são utilizadas quando o tamanho da amostra é igual a mais de uma unidade por período de medição ($1 < n < 10$).

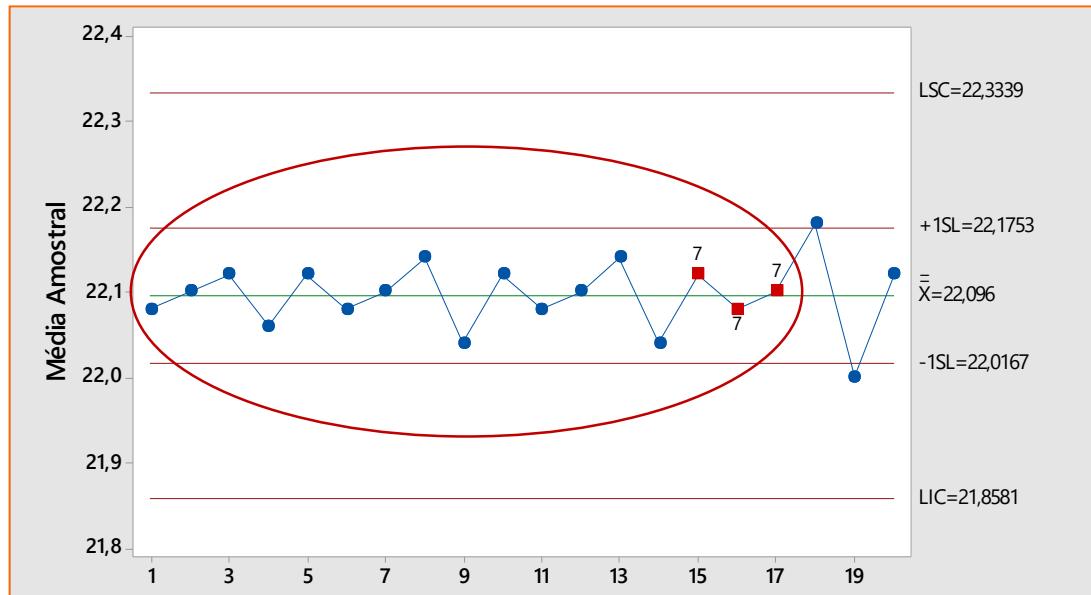
- ❑ **Carta Xbarra:** monitora a média de uma certa característica no decorrer do tempo. Utilizamos a Carta Xbarra para controlar a variabilidade entre as médias dos subgrupos. Validamos 6 critérios de instabilidade na Carta Xbarra, os 5 critérios já conhecidos no treinamento para formação de Green Belts e o critério de aproximação da linha média.

- ❑ **Carta R:** apresenta os valores da Amplitude dentro dos subgrupos, possibilitando controlar a variabilidade que ocorre dentro de cada subgrupo. Validamos apenas o critério de pontos fora dos limites de controle na Carta R.



❖ Identificação de Causas Especiais

❑ Aproximação da Linha Média



Ocorrência de 15 ou mais pontos consecutivos, todos entre os limites -1sigma e +1sigma.

❖ ***Subgrupos Racionais***

- ❑ Subgrupos racionais são a base para todos os **gráficos de controle**. Eles são compostos por pequenas amostras de **itens semelhantes**, produzidos durante um **curto período** de tempo sob as **mesmas condições**, como pessoal, equipamentos, fornecedores ou ambiente. Sendo assim, a variação nestes pequenos subgrupos é a variação natural ou inerente ao processo.

- ❑ **Exemplo:** Uma linha de produção produz 50 peças por hora e o analista de qualidade mede 3 peças selecionadas aleatoriamente a cada hora. Neste caso a amostra formada por 3 peças é considerada um subgrupo.

❖ **Atividade Voitto Cars**



O Green Belt da empresa **Voitto Cars**, uma indústria de autopeças, após validar o Sistema de Medição da empresa, garantindo a confiabilidade dos dados, está medindo a espessura do principal produto fabricado pela empresa, cuja faixa de especificação é $5\text{mm} \pm 0,25\text{mm}$.

O controle é feito pelas Cartas de Controle Xbarra-R, com subgrupos amostrais de tamanho 5, coletados a cada 2 horas nos dois turnos de produção.

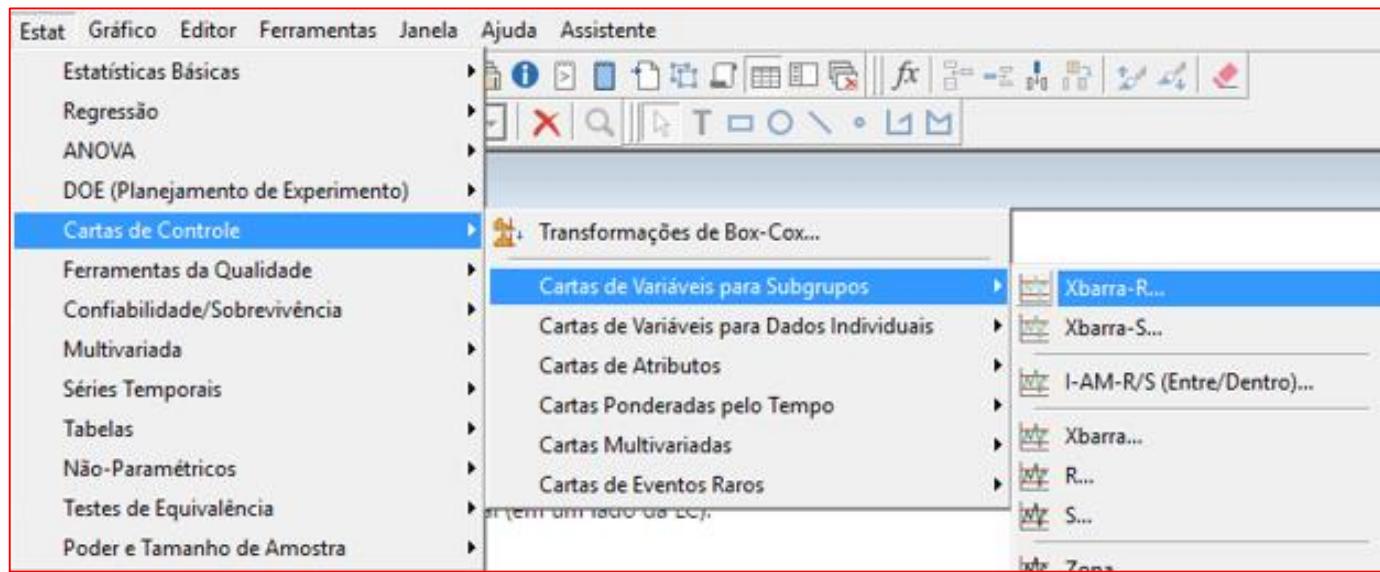
O objetivo é verificar a estabilidade do processo, garantindo que não há ocorrência de pontos fora de controle ou algum outro critério de instabilidade.

Abra o arquivo “*Voitto Cars 3.MTW*”.

❖ Atividade Voitto Cars



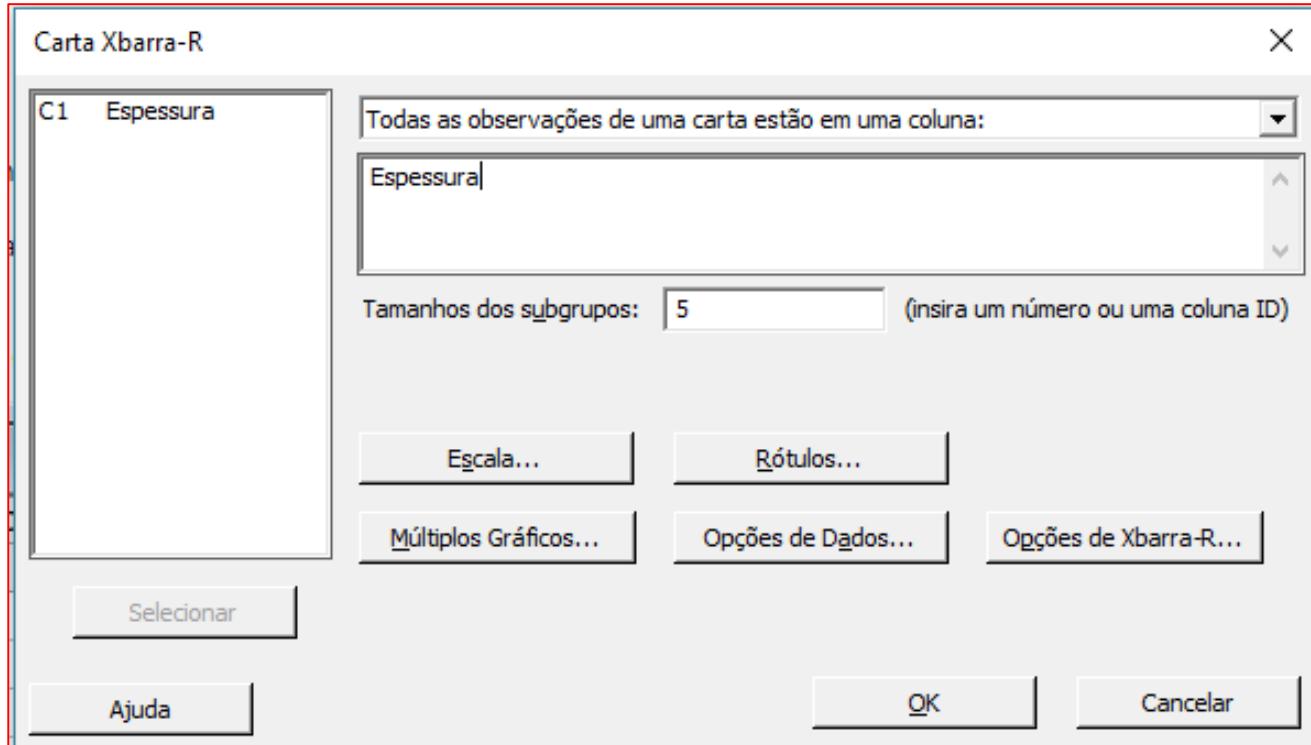
- ❑ Selecione Estat > Cartas de Controle > Cartas de Variáveis para Subgrupos > Xbarra-R...



❖ Atividade Voitto Cars



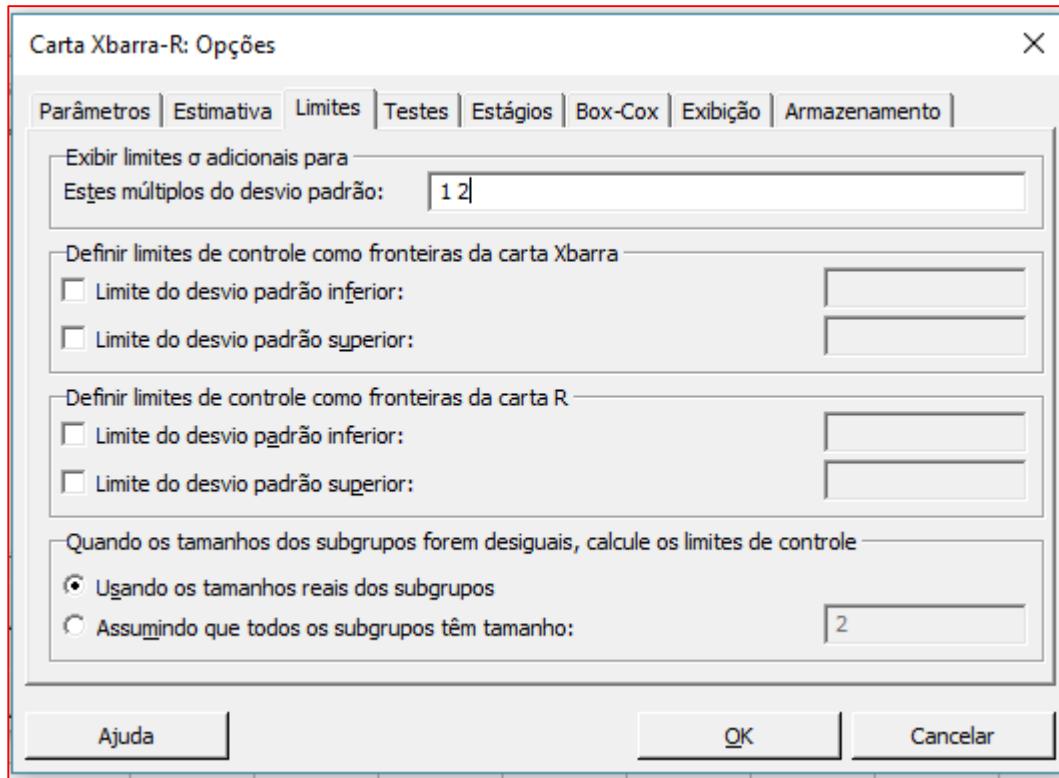
- ❑ Selecione a variável Espessura e digite o valor 5 para Tamanhos de subgrupos: >
Clique em Opções Xbarra-R...



❖ Atividade Voitto Cars



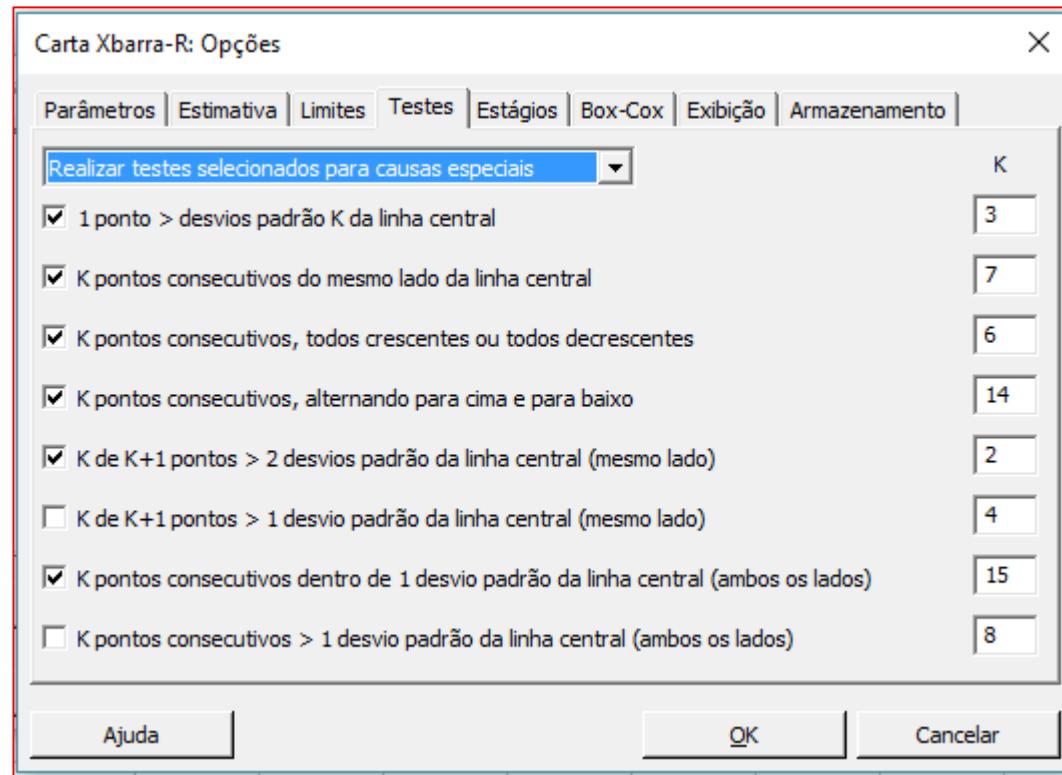
- ❑ Selecione a aba Limites > Digite 1 e 2 no campo Estes múltiplos do desvio padrão.



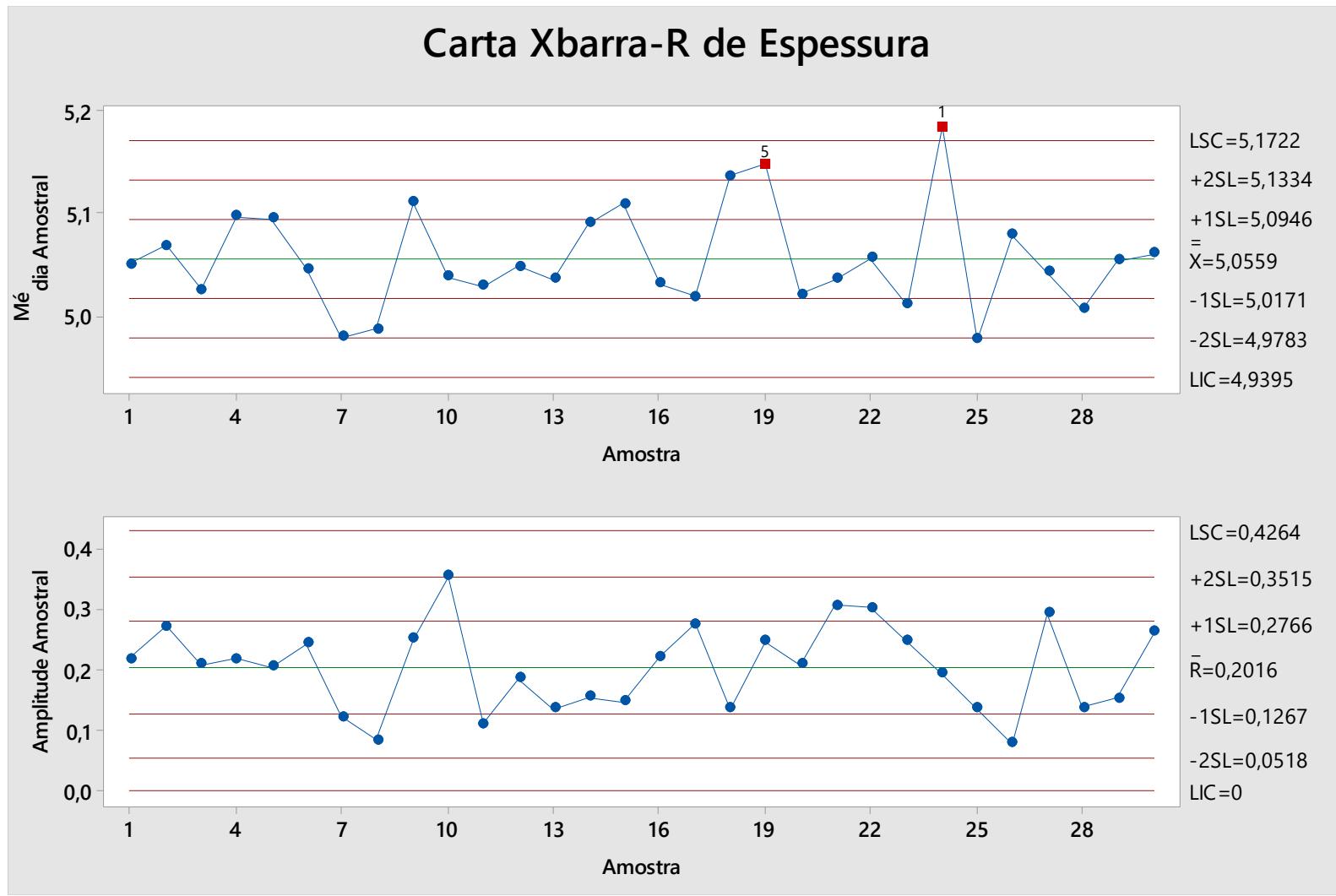
❖ Atividade Voitto Cars



- ❑ Selecione a aba Testes -> Selecione o teste de aproximação da linha média -> clique em OK duas vezes.



❖ Atividade Voitto Cars



❖ Atividade Voitto Cars

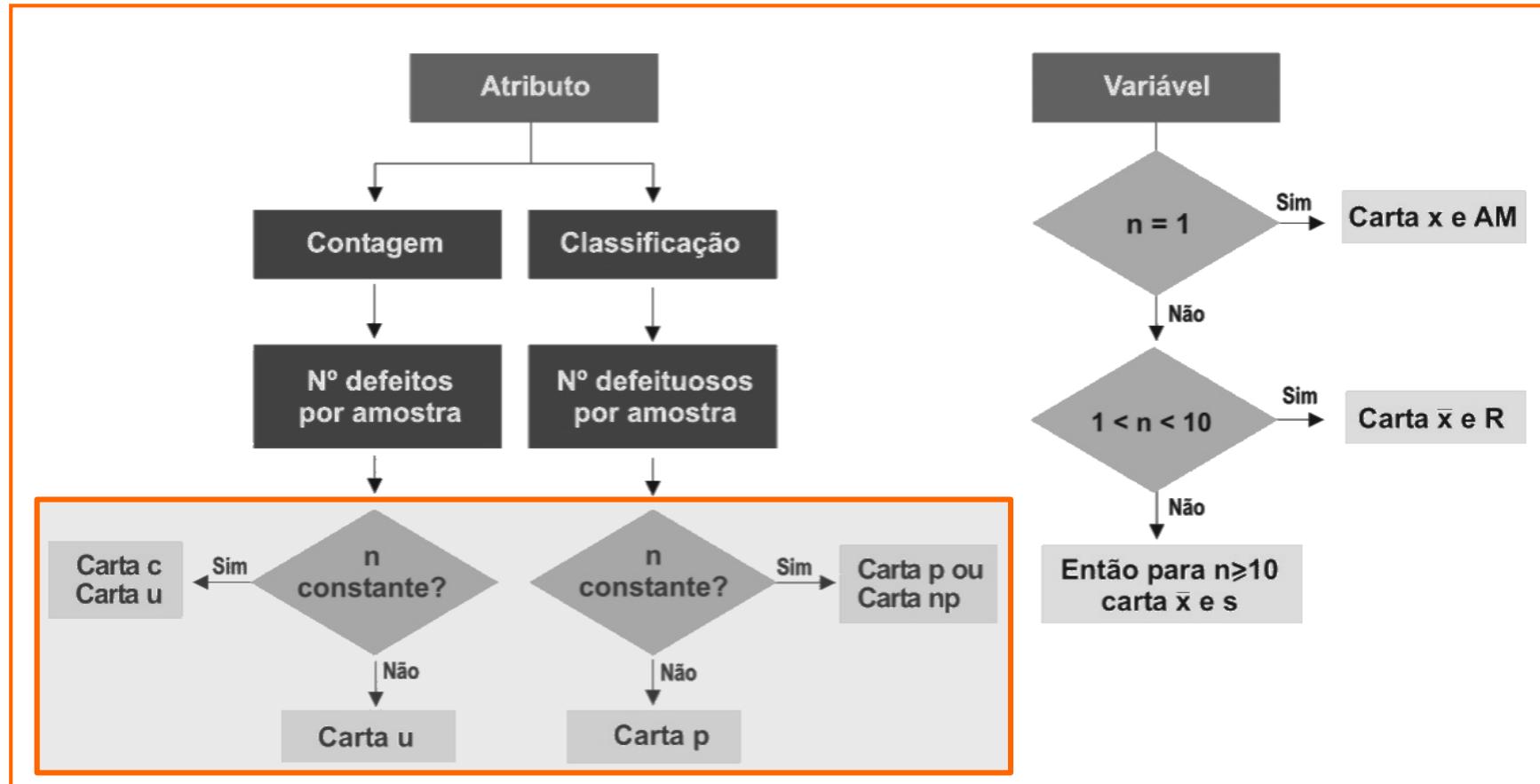


- A variabilidade dentro dos subgrupos é estável? Explique.
- A variabilidade entre subgrupos é estável? Explique.

- A Carta Xbarra não está sob controle estatístico, portanto a variabilidade entre os subgrupos não é estável.
- A Carta R está sob controle estatístico, portanto a variabilidade dentro do subgrupo é estável.



❖ Cartas de Controle p , np , c , u





❖ *Cartas de Controle p, np, c, u*

Cartas para atributos	Objetivo	Tamanho do Subgrupo
Carta p	Monitorar a proporção de itens defeituosos (calcula o % de defeituosos por subgrupo). Tem como base a distribuição Binomial.	Amostra de tamanho variável
Carta np	Monitorar a proporção de itens defeituosos (calcula a qtd. de defeituosos por subgrupo). Tem como base a distribuição Binomial.	Subgrupo de tamanho fixo
Carta u	Monitorar o número de defeitos por unidade (calcula o % de defeitos em um subgrupo). Tem como base a distribuição de Poisson.	Amostra de tamanho variável
Carta c	Monitorar o número de defeitos por subgrupo (calcula a qtd. de defeitos em 1 unidade do item). Tem como base a distribuição de Poisson.	Subgrupo é igual a 1 unidade do item

❖ **Atividade Voitto Cars**



Ainda no mesmo processo de produção, considerando a mesma peça fabricada pela **Voitto Cars**, o Green Belt monitorou os itens defeituosos através da Carta p, ou seja, fez monitoramento do percentual de itens produzidos fora de especificação ($5\text{mm} \pm 0,25\text{mm}$), considerando um subgrupo de tamanho fixo igual a 80. Também foi realizado o acompanhamento da quantidade de defeitos em cada unidade rejeitada através da Carta c, sendo possível identificar até 7 defeitos possíveis como, por exemplo, amassamento e trinca.

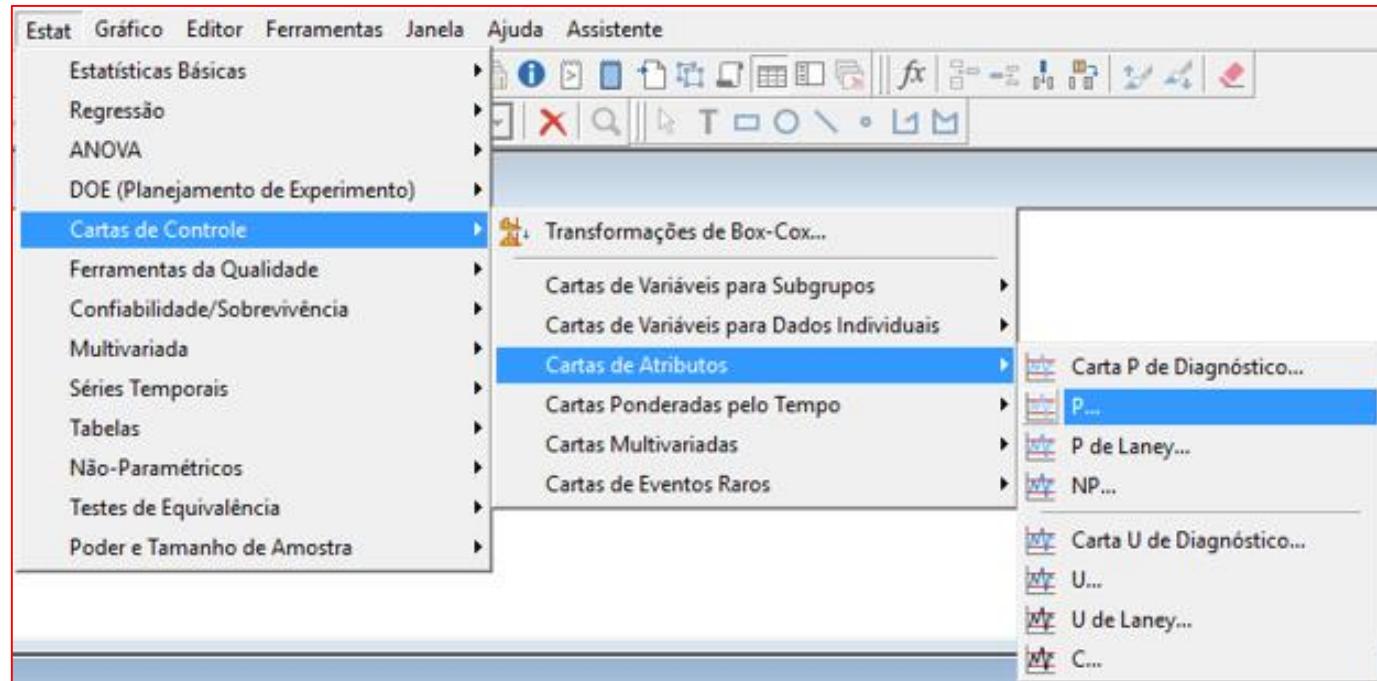
O objetivo é verificar se há estabilidade do processo em relação à geração de peças rejeitadas e quantidade de defeitos por peça.

Abra o arquivo “*Voitto Cars 2.MTW*”.

❖ Atividade Voitto Cars



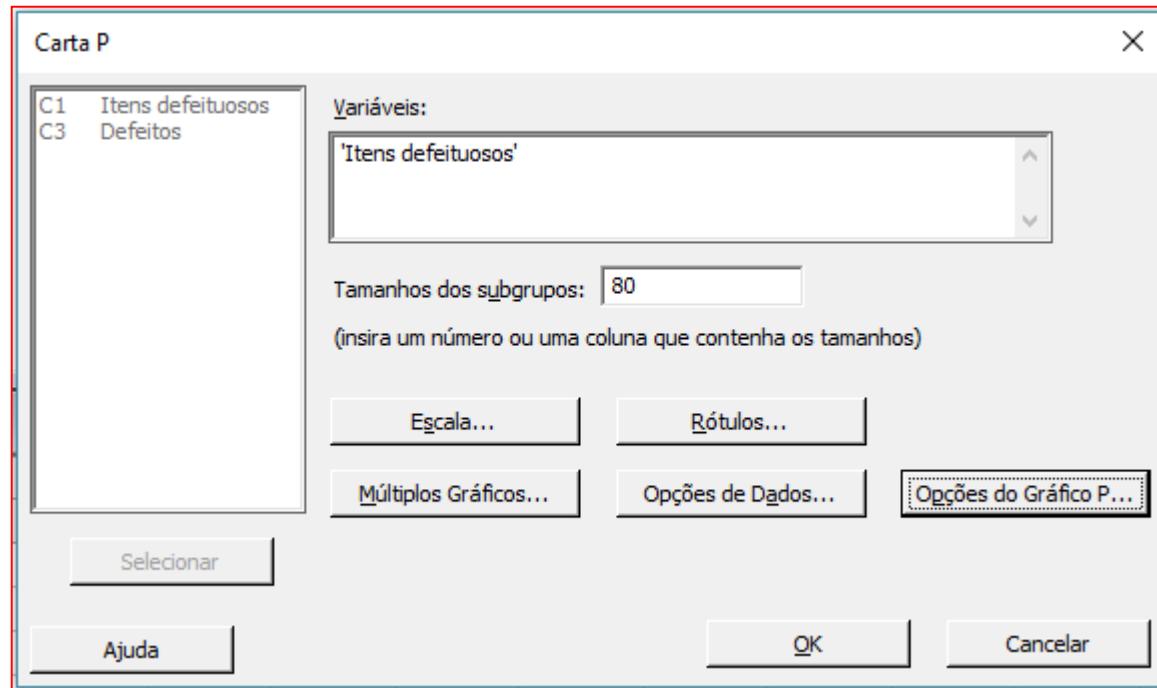
- ❑ Selecione Estat > Cartas de Controle > Cartas de Atributos > P...



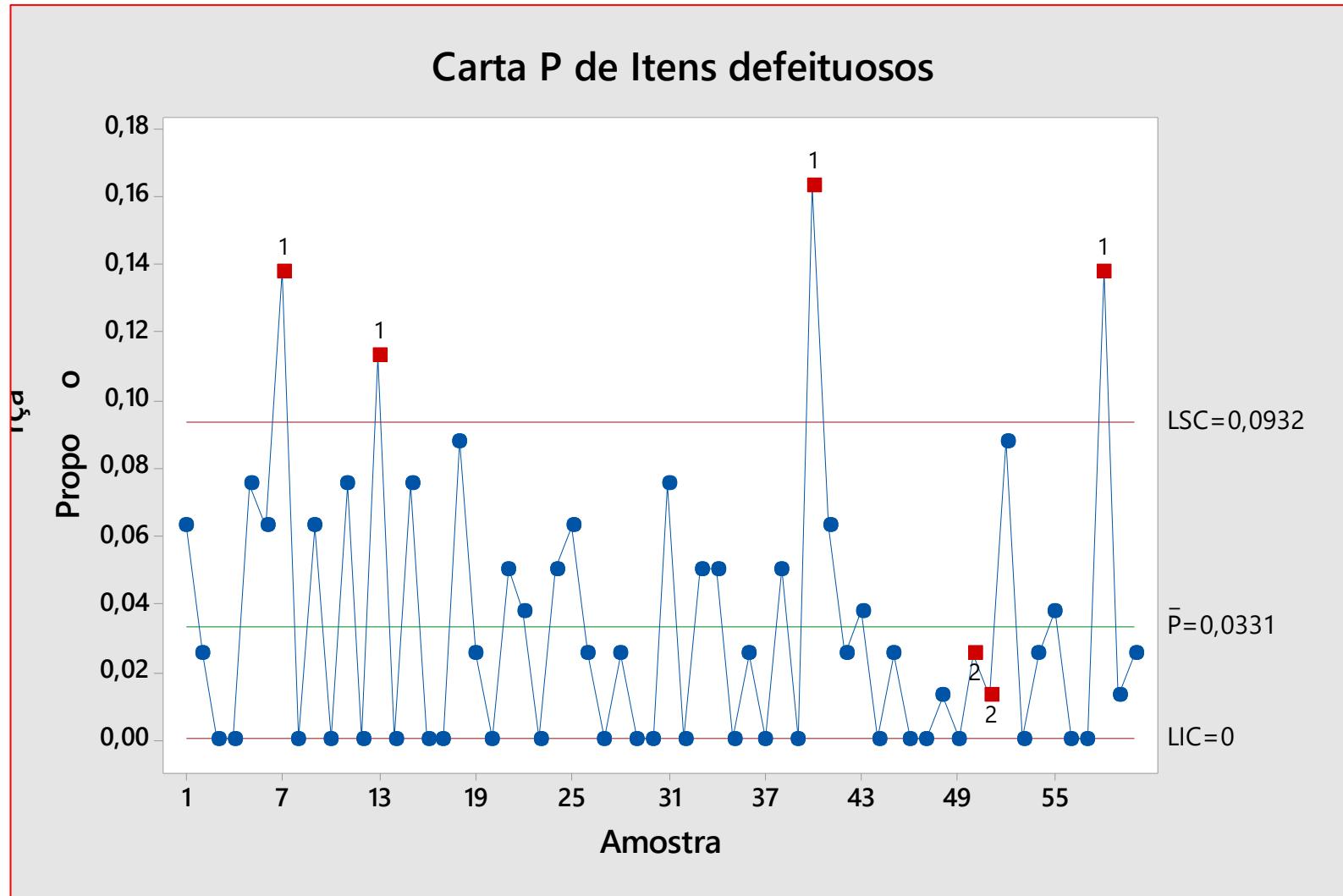
❖ Atividade Voitto Cars



- ❑ Selecione Itens defeituosos como Variáveis: > Digite 80 em Tamanhos de subgrupos:
> Clique em OK.



❖ Atividade Voitto Cars



Na Carta p, nós observamos 4 testes para causas especiais.

1. Pontos fora dos limites de controle.
2. Sequência.
3. Tendência.
4. Sazonalidade / Periodicidade .

❖ Atividade Voitto Cars



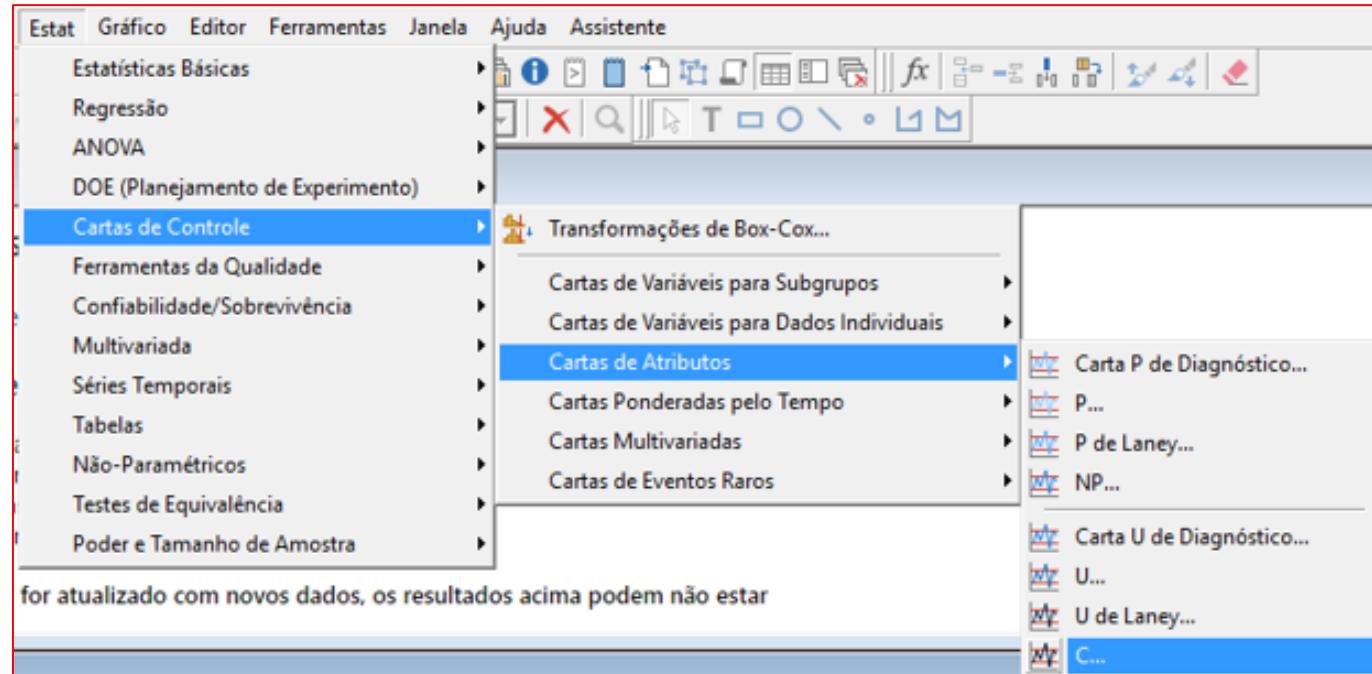
- Na Carta p, podemos afirmar que o processo é estável? Explique.
- Qual seria o percentual máximo e mínimo de itens defeituosos esperados segundo a Carta p?

- Não. Existem vários pontos fora dos limites de controle e uma sequência.
- O esperado para o processo sob controle estatístico seria um percentual de itens defeituosos de 0% a 9,3%. Os resultados mensurados ultrapassam esses limites.

❖ Atividade Voitto Cars



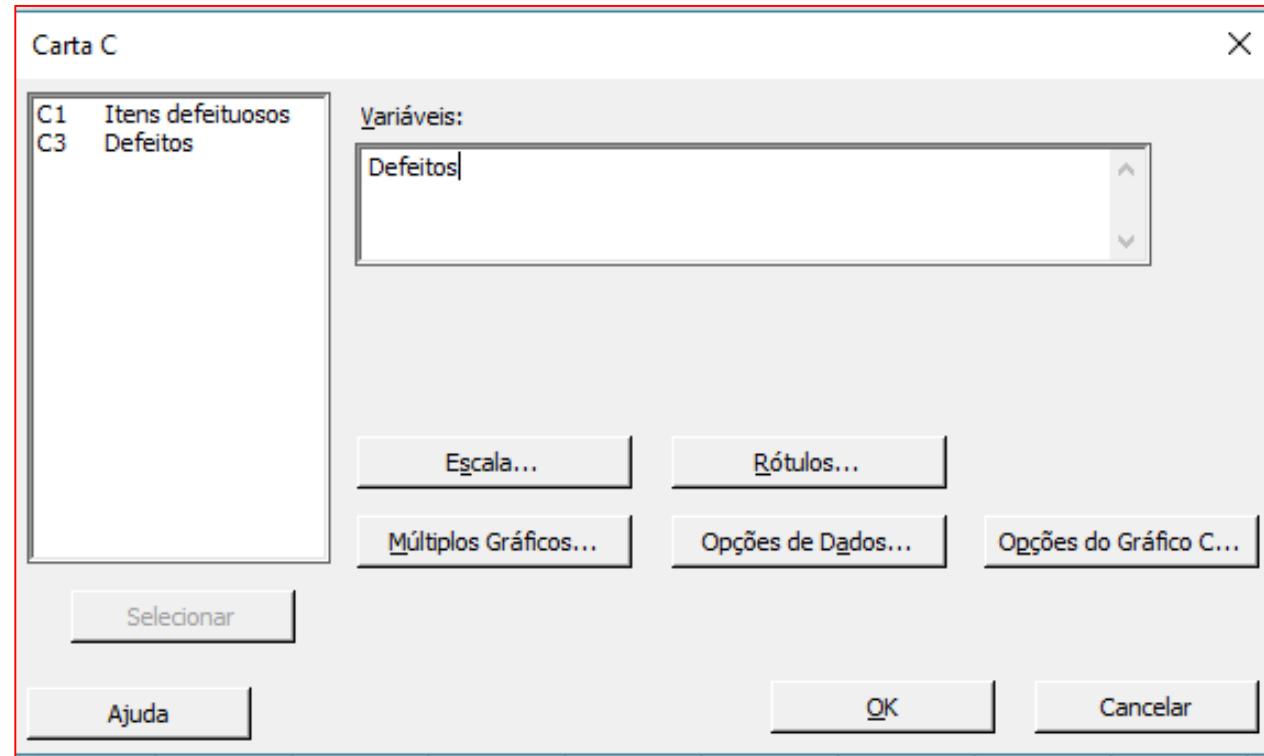
- ❑ Selecione Estat > Cartas de Controle > Cartas de Atributos > C...



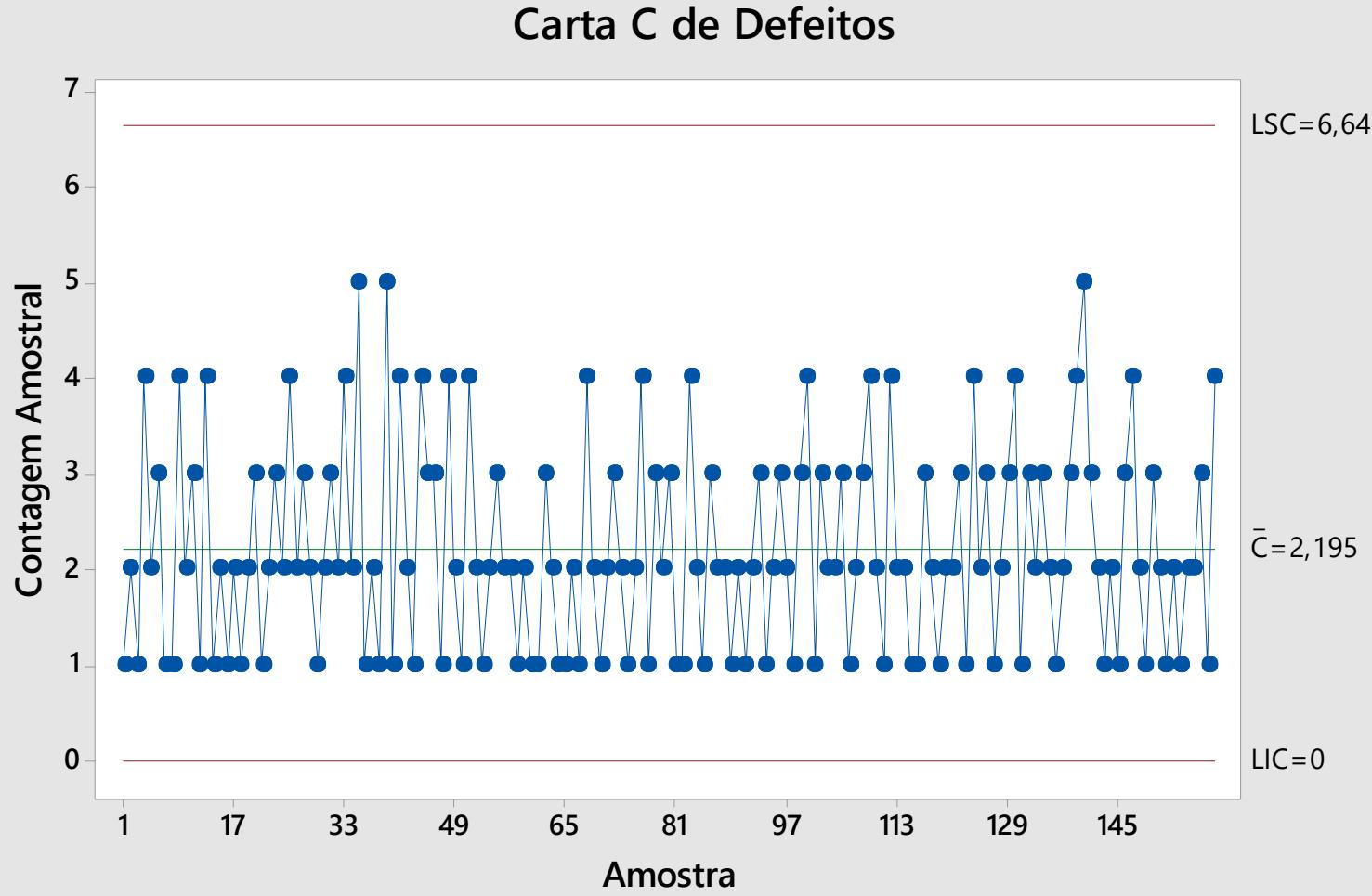
❖ Atividade Voitto Cars



- ❑ Selecione Defeitos como Variáveis: > Clique em OK.



❖ Atividade Voitto Cars



Na Carta c, nós observamos 4 testes para causas especiais.

1. Pontos fora dos limites de controle.
2. Sequência.
3. Tendência.
4. Sazonalidade / Periodicidade .

❖ Atividade Voitto Cars



- Na Carta c, podemos afirmar que o processo é estável? Explique.
- Qual é a quantidade média de defeitos observados na amostra analisada?
- Qual é a quantidade de defeitos esperada para os limites de controle?

- Sim. Os critérios de estabilidade foram respeitados.
- Em média temos 2,19 defeitos por item na amostra analisada.
- $LIC = 0$ e $LSC = 6,64$



Módulo 3

DMAIC: Fase Medição

- Lição 1: Fase de Medição;*
- Lição 2: Mapa de Processo;*
- Lição 3: Espinha de Peixe;*
- Lição 4: Matriz Causa e Efeito;*
- Lição 5: Matriz Esforço x Impacto;*
- Lição 6: Conceitos de Estatística e Probabilidade;*
- Lição 7: Amostragem;*
- Lição 8: Introdução ao Minitab 18;*
- Lição 9: Estatística Descritiva;*



Módulo 3

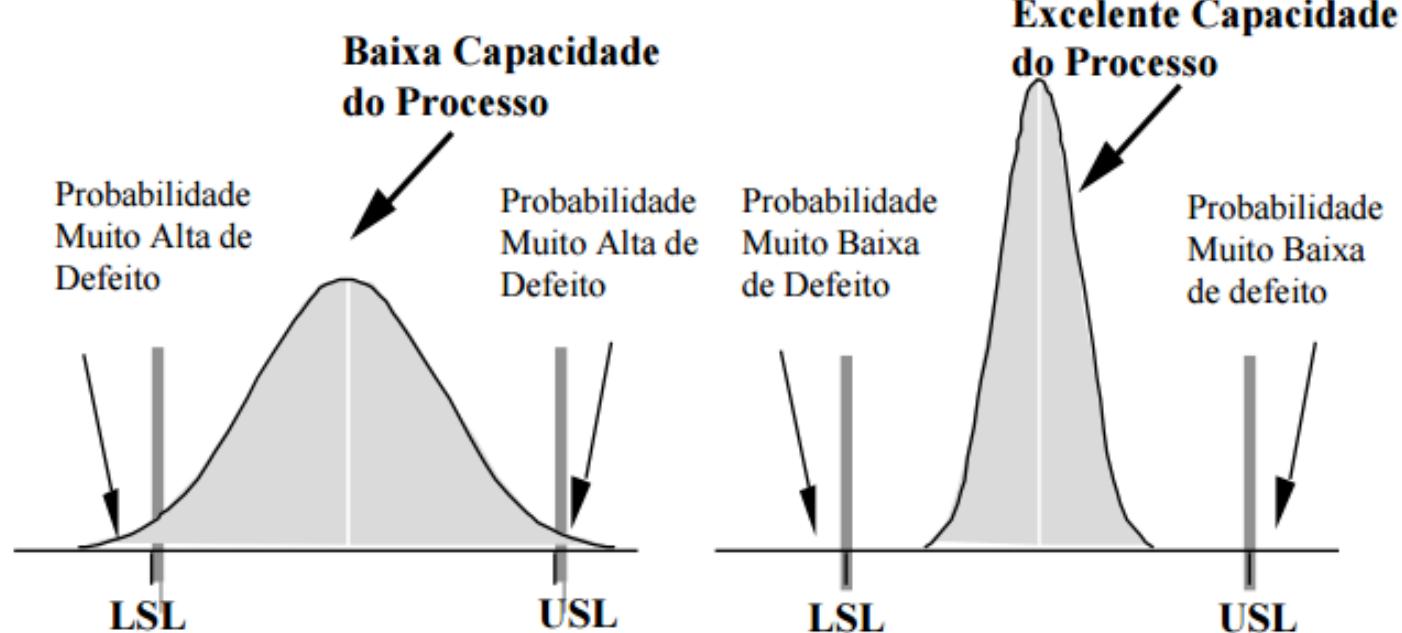
DMAIC: Fase Medição

- Lição 10: Principais Distribuições de Probabilidade;*
- Lição 11: Distribuição Normal e Teste de Normalidade;*
- Lição 12: Gráficos Básicos;*
- Lição 13: Cartas de Controle;*
- Lição 14: Capabilidade do Processo;***
- Lição 15: Análise do Sistema de Medição (dados contínuos);*
- Lição 16: Análise do Sistema de Medição (dados discretos);*
- Lição 17: Dinâmica dos carrinhos;*
- Consolidação do Conhecimento.*

Capabilidade do Processo



A capacidade de um processo é a habilidade de se gerar produtos dentro de uma faixa de especificação proveniente dos clientes internos e externos, ou seja, a capacidade do processo é avaliada por meio da comparação da faixa característica do processo com a faixa de especificação.





❖ Capabilidade do Processo

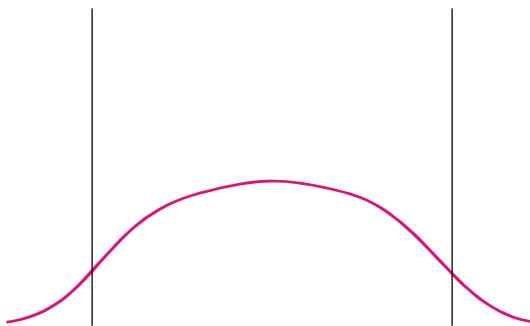
Somente processos com distribuição aproximadamente normal e estáveis devem ter sua capacidade avaliada pelos índices Cp e Cpk.

Índice	Descrição	Cálculo
Cp	Mede a capacidade de maneira simples, para processos centrados. Mede o potencial do processo	$Cp = (LSE - LIE) / 6\sigma$ Sendo LSE e LIE os limites de especificação do processo (superior e inferior, respectivamente)
Cps	Diferença do centro da distribuição e a especificação superior	$Cps = (LSE - \mu) / 3\sigma$
Cpi	Diferença do centro da distribuição e a especificação inferior	$Cpi = (\mu - LIE) / 3\sigma$
Cpk	Mede a capacidade de processos que não estão centrados	$Cpk = \min \{Cps ; Cpi\}$

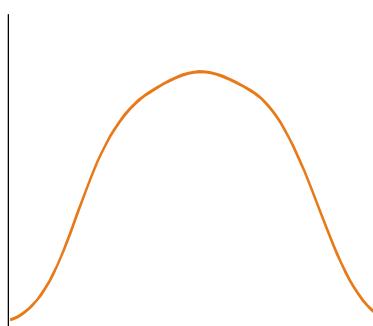


❖ Avaliando os Valores Cp e Cpk

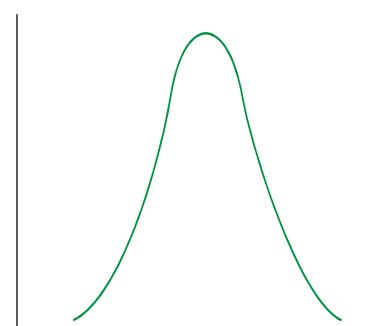
Valor de Cp e Cpk	Análise
Cp e $Cpk < 1$	O processo está em um índice inadequado, necessitando de inspeção 100%.
$1 \leq Cp \text{ e } Cpk < 1,33$	O processo está em um índice satisfatório, aplicando inspeção por amostragem.
$Cp \text{ e } Cpk \geq 1,33$	O processo está em um índice bastante satisfatório, não necessitando de inspeção.



$Cp < 1$



$1 < Cp < 1,33$



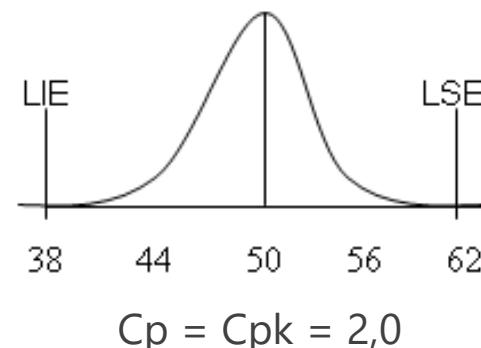
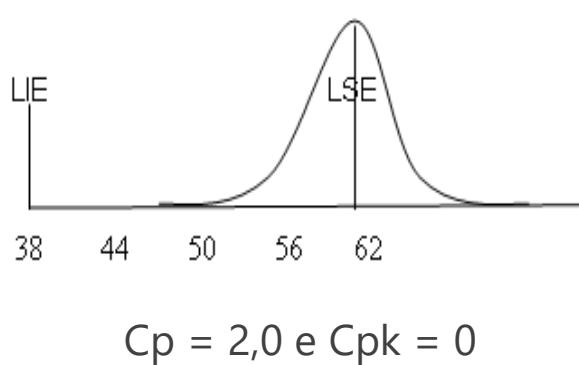
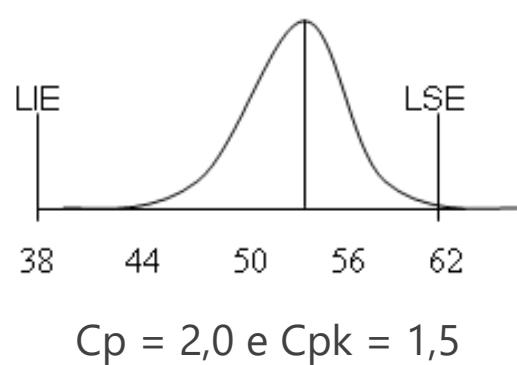
$Cp > 1,33$



❖ Avaliando os Valores Cp e Cpk

Sobre os valores de Cp e Cpk podemos concluir:

- Se $Cp = Cpk$, o processo é exatamente centrado;
- Quando $Cpk < Cp$, o processo está descentralizado para algum dos lados e quanto maior essa diferença mais descentralizado está o processo.
- Um processo vai ser tido como capaz quando 6 desvios padrão (99,74%) ou mais do seu processo couberem entre os limites especificados ($Cp \text{ e } Cpk \geq 1$), mesmo não estando perfeitamente centralizado.
- Na indústria, geralmente o valor exigido para Cp e Cpk é $\geq 1,33$.



❖ **Atividade – Voitto Connect**



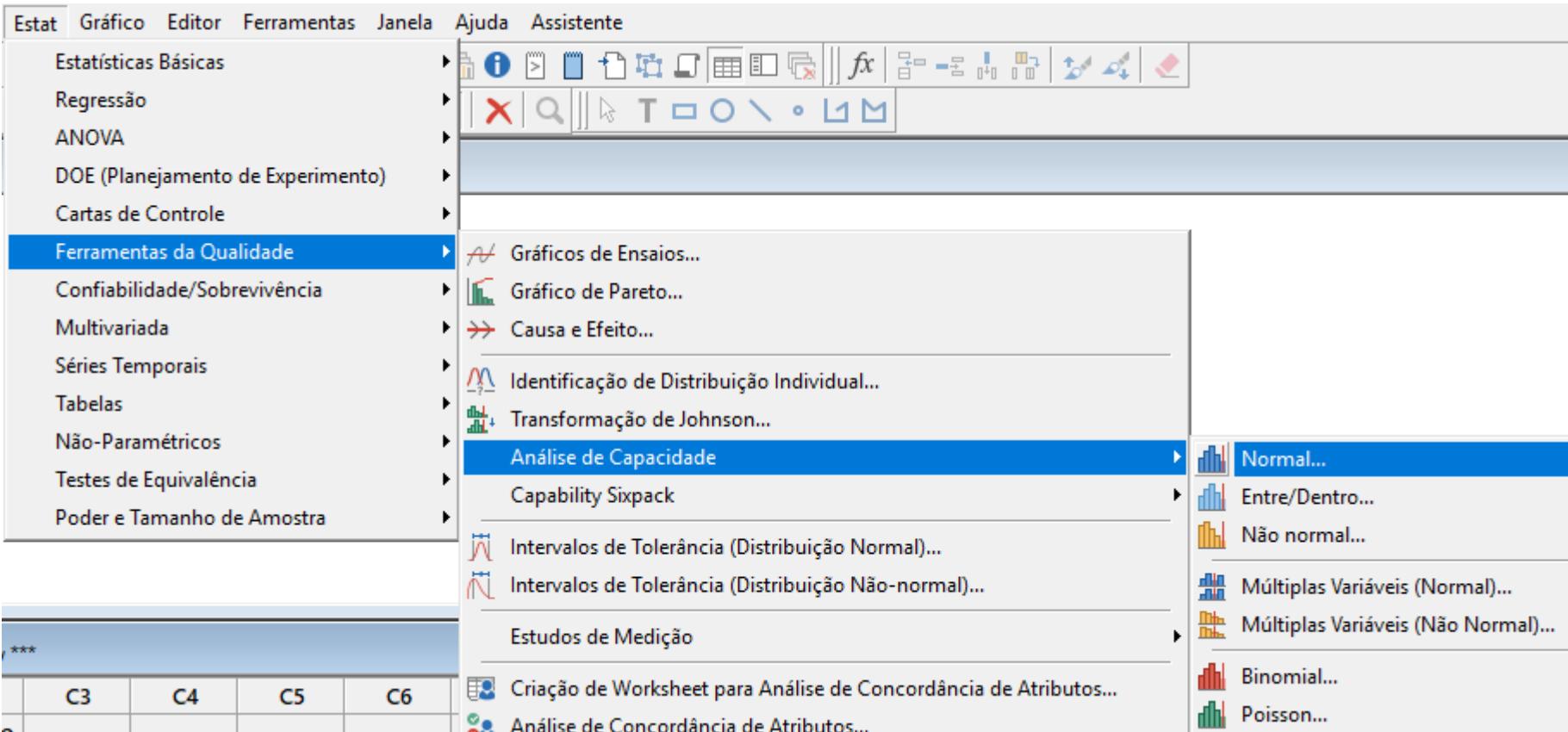
A **Voitto Connect** é uma empresa de *outsourcing* com operações em toda a região Sudeste. Um dos indicadores mais estratégicos da empresa é o Tempo Médio de Atendimento (TMA), já que a empresa acorda em contrato um TMA mínimo e máximo para cada ligação. Com suspeita de que a operação Rio de Janeiro e a operação São Paulo não conseguem respeitar as especificações do TMA, uma base de dados com o tempo de 250 ligações será analisada.

A especificação acordada em contrato é LIE = 180 segundos, LSE = 240 segundos.

❖ Atividade – Voitto Connect



- Abra o arquivo *Atividade Voitto Connect.MTW*
- Selecione Stat > Ferramentas da Qualidade > Análise de Capacidade > Normal...



The screenshot shows the Minitab software interface. The menu bar at the top includes: Estat, Gráfico, Editor, Ferramentas, Janela, Ajuda, and Assistente. The 'Ferramentas da Qualidade' (Quality Tools) option is selected, which is highlighted with a blue background. Under this menu, the 'Análise de Capacidade' (Capability Analysis) option is also highlighted with a blue background. A sub-menu for 'Normal...' is open, showing other options like 'Entre/Dentro...', 'Não normal...', 'Múltiplas Variáveis (Normal)...', 'Múltiplas Variáveis (Não Normal)...', 'Binomial...', and 'Poisson...'. The main menu area lists various statistical tools: Estatísticas Básicas, Regressão, ANOVA, DOE (Planejamento de Experimento), Cartas de Controle, and others.

❖ Atividade – Voitto Connect



- ❑ Selecione TMA São Paulo como variável > Digite 1 em tamanho de subgrupo.
- ❑ Digite 180 em “Espec Inferior” e 240 em “Espec superior” > clicar em OK.

Análise de Capacidade (Distribuição Normal) X

C1 TMA São Paulo
C2 TMA Rio

Dados organizados como

Coluna única:

Tamanho do subgrupo:
(use uma constante ou uma coluna de identificação)

Subgrupos através de linhas:

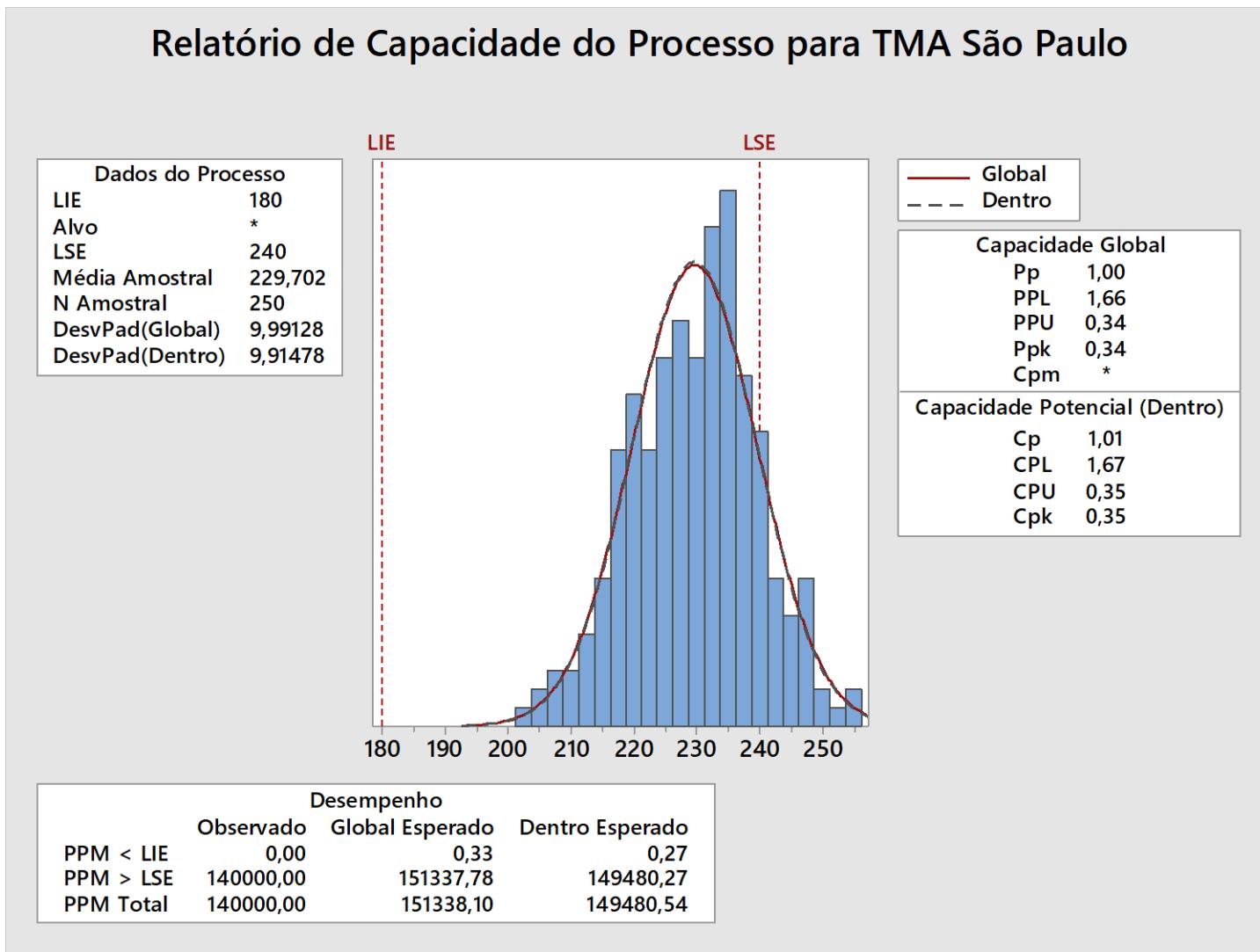
Espec inferior: Limite

Espec superior: Limite

Média histórica: (opcional)

Desvio padrão histórico: (opcional)

❖ Atividade – Voitto Connect



❖ Atividade – Voitto Connect



- Qual é o valor de Cp e Cpk do TMA de São Paulo?
- Podemos concluir que o processo é capaz?
- Qual é o percentual de ligações que ficam fora da especificação? A resposta pode ser escrita em ppm ou percentual.

- $Cp = 1,01; Cpk = 0,35$

- O processo não é capaz já que Cp está muito próximo de 1 e $Cpk < 1$. O valor ideal seria Cp e $Cpk > 1,33$.
- Observado: 140.000 ppm ou 14% das ligações.
- Global Esperado: 151.338 ppm ou 15,38% das ligações.



❖ Capabilidade do Processo

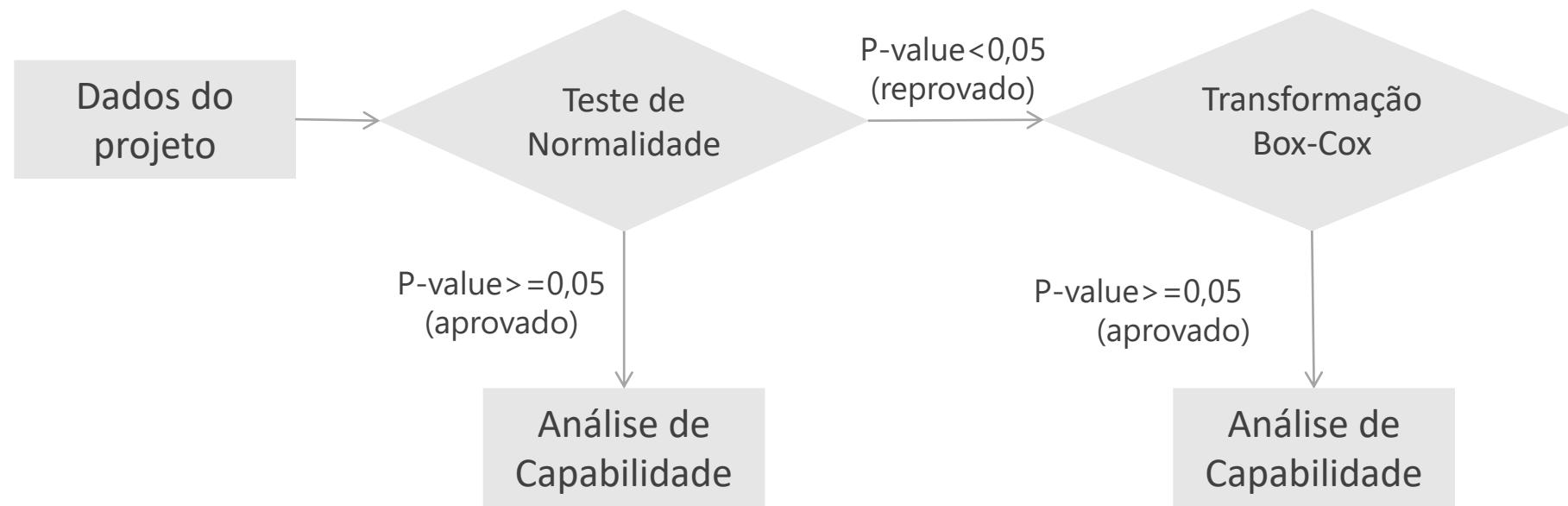
É comum a situação de uma dada distribuição de dados não seguir a distribuição normal. Sendo assim, como analisar a Capabilidade desses processos?

Uma dificuldade encontrada em projetos Seis Sigma surge quando os dados de **saída do processo não são normais**. Isto impactará o método de **cálculo da Capabilidade** do processo. Deve-se estar claro que o fato de os dados não seguirem o modelo normal não invalidam o projeto. Deve-se, contudo, continuar o projeto e buscar outras ferramentas que melhor avaliem os dados disponíveis. As recomendações deste capítulo são técnicas para **transformar dados não-normais em normais**.



❖ Transformação Box-Cox

Existe uma transformação conhecida como **Box-Cox** que procura obter a **curva normal equivalente** de uma dada distribuição inicial. O mapa abaixo ilustra os passos necessários, considerando que, em alguns casos, a transformação Box Cox não é suficiente para normalizar os dados coletados, sendo necessárias outras técnicas.



❖ Atividade – Voitto Connect



Os dados da operação Rio de Janeiro da empresa Voitto Connect não seguem uma Distribuição Normal, portanto faremos a Análise de Capabilidade com a Transformação Box-Cox.

- Selecione Stat > Ferramentas da Qualidade > Análise de Capacidade > Normal...

The screenshot shows the Minitab software interface with the following menu path highlighted:

- Estat
- Gráfico
- Editor
- Ferramentas
- Janela
- Ajuda
- Assistente

Under the "Ferramentas da Qualidade" (Tools for Quality) option, the "Análise de Capacidade" (Capability Analysis) option is selected, and its sub-options are displayed:

- Gráficos de Ensaios...
- Gráfico de Pareto...
- Causa e Efeito...
- Identificação de Distribuição Individual...
- Transformação de Johnson...
- Análise de Capacidade
- Capability Sixpack
- Intervalos de Tolerância (Distribuição Normal)...
- Intervalos de Tolerância (Distribuição Não-normal)...
- Estudos de Medição
- Criação de Worksheet para Análise de Concordância de Atributos...
- Análise de Concordância de Atributos...

On the far left, there is a small preview window showing a table with columns C3, C4, C5, and C6.

❖ Atividade – Voitto Connect



- ❑ Selecione a variável TMA Rio em coluna única > Digite 1 em tamanho do subgrupo.
- ❑ Digite 180 em Espec Inferior e 240 em Espec Superior.
- ❑ Selecionar a opção “Transformar” > Selecione Transformação de poder Box-Cox.
- ❑ Selecionar usar λ ideal > clicar OK duas vezes.

Análise de Capacidade (Distribuição Normal)

C1 TMA São Paulo
C2 TMA Rio

Dados organizados como:

Coluna única:

Tamanho do subgrupo:
(use uma constante ou uma coluna de identificação)

Subgrupos através de linhas:

Transformar...
Estimativa...
Opções...
Armazenamento...

Espec inferior: Limite

Espec superior: Limite

Média histórica: (opcional)

Desvio padrão histórico: (opcional)

Selecionar
Ajuda
OK
Cancelar

Análise de Capacidade (Distribuição Normal): Transformação

Nenhuma transformação

Transformação de poder de Box-Cox ($W = Y^{\lambda}$)

Usar λ ideal

$\lambda = 0$ (ln)

$\lambda = 0,5$ (raiz quadrada)

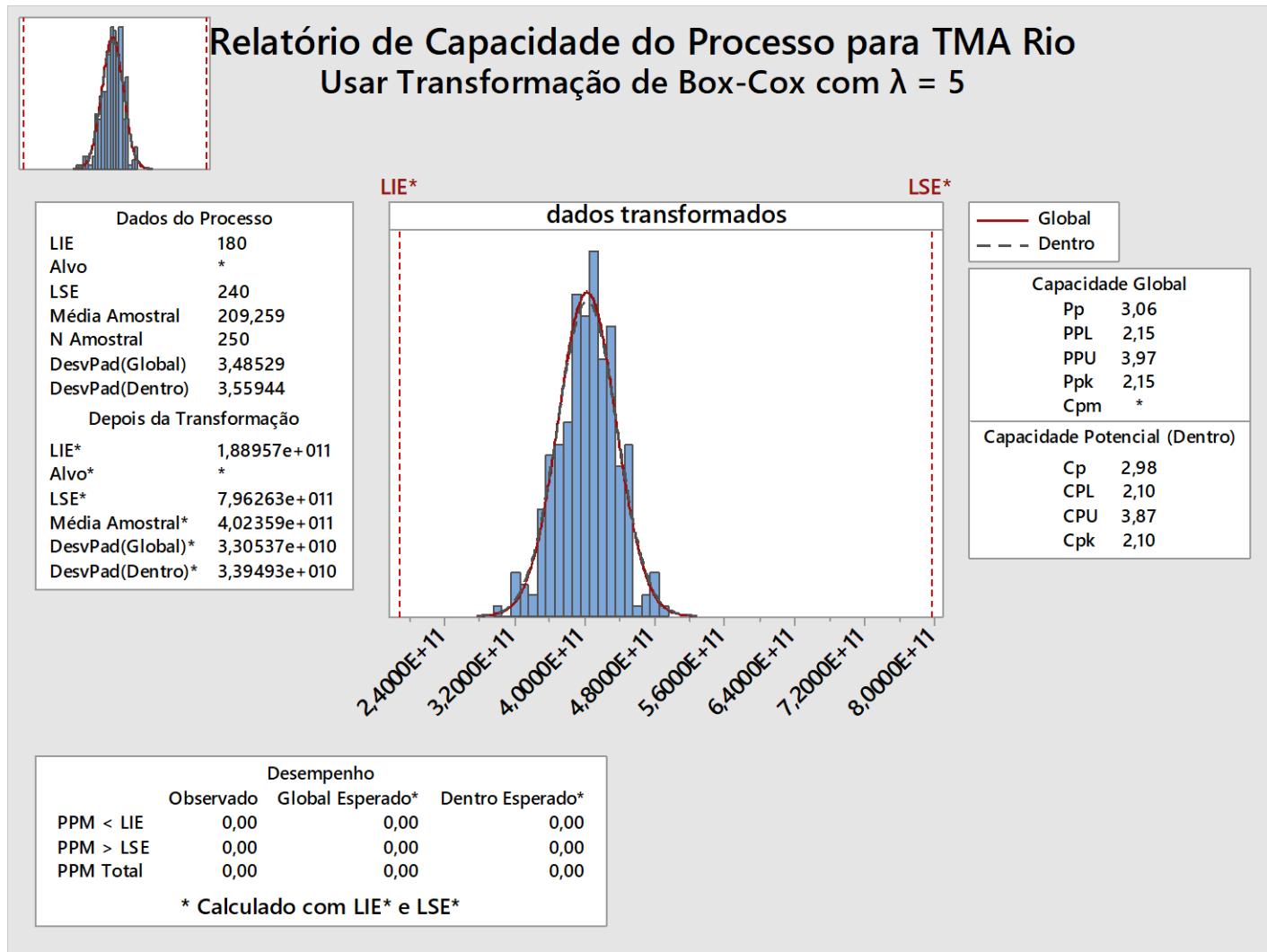
Outros (insira um valor entre -5 e 5):

Transformação de Johnson (somente para análise global)

Valor-P para selecionar o melhor ajuste:

Ajuda
OK
Cancelar

❖ Atividade – Voitto Connect



❖ Atividade – Voitto Connect



- Qual é o valor de Cp e Cpk para o TMA Rio?
- Podemos concluir que o processo no Rio é capaz?
- Qual é o percentual de ligações que ficam fora da especificação?

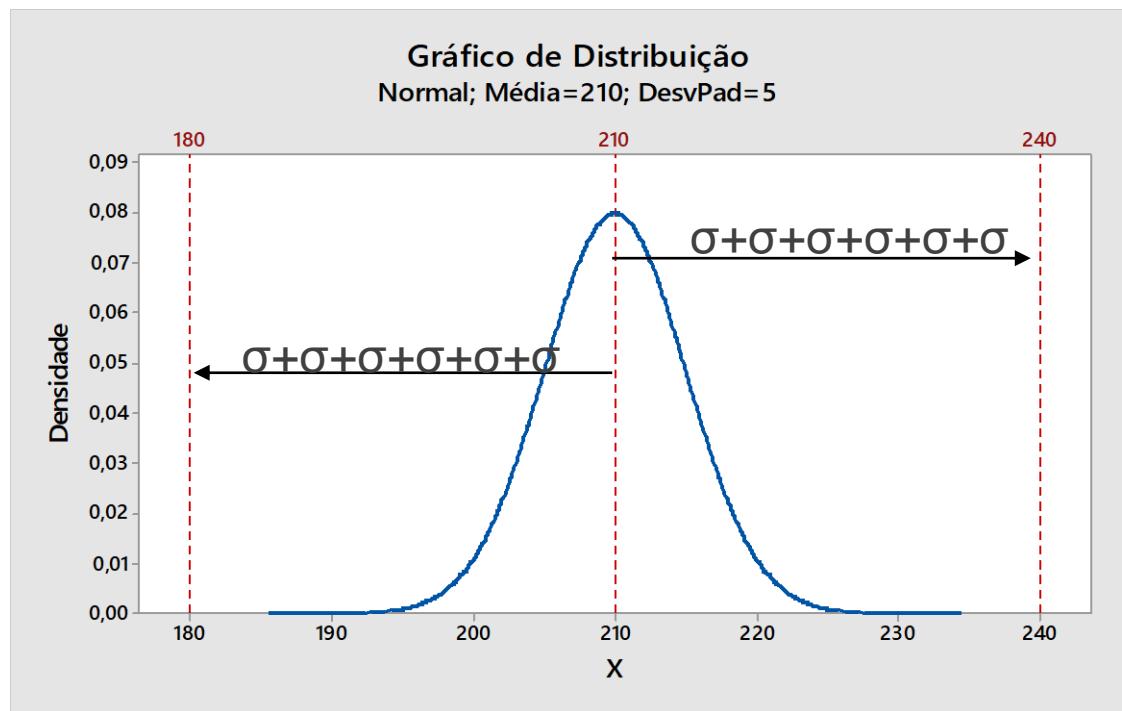
- $Cp = 2,98$; $Cpk = 2,10$

- O processo é capaz já que Cp e $Cpk > 1,33$.
- No Rio todas as ligações estão dentro da especificação.



❖ Nível Sigma do Processo

O nível sigma de um processo é nomeado pela estatística como Z. Ele representa a quantidade de desvios padrões que se pode “encaixar” entre um valor determinado e a média do processo. No exemplo abaixo $Z_{ST} = 6$, já que conseguimos encaixar 6 desvios padrão entre 180 e 210, ou entre 210 e 240.





❖ Nível Sigma do Processo

No slide anterior o Nível Sigma foi representado por Z_{ST} , ou seja, a capacidade de curto prazo que representa o melhor que o processo pode ser já que se trata de uma base de dados centrada e sem as variações que o processo sofre no longo prazo.

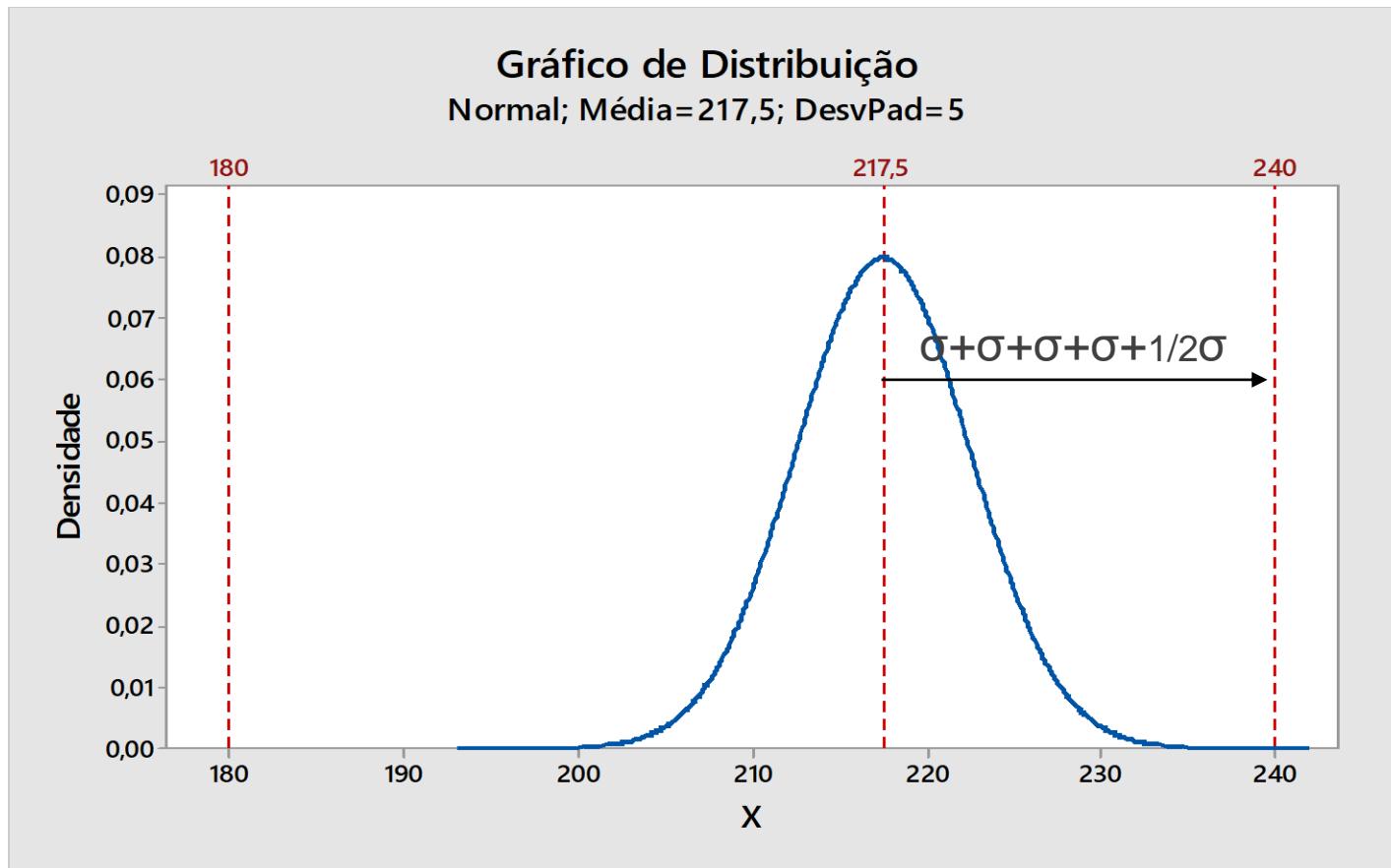
No próximo exemplo identificamos uma capacidade de longo prazo, ou seja, quando uma base de dados representa a medição de várias amostras do processo ao longo do tempo. Neste caso o processo sofre variações e dificilmente será centrado. Portanto o valor calculado é Z_{LT} .

Consideramos como o Nível Sigma o Z_{ST} (capacidade de curto prazo), sendo $Z_{ST} = Z_{LT} + 1,5$.



❖ Nível Sigma do Processo

Nesse caso o $Z_{LT} = 4,5$ já que conseguimos encaixar 4,5 desvios padrão entre 217,5 e 240. Ele representa o Nível Sigma de Longo Prazo (Z_{LT})



❖ **Atividade – Voitto Connect**



Para finalizar a análise dos dados da empresa Voitto Connect, vamos calcular o Nível Sigma do processo de São Paulo e do Rio. Já sabemos que os valores de Cp e Cpk foram abaixo do esperado para São Paulo, portanto o Nível Sigma não será alto também.

❖ Atividade – Voitto Connect



- ❑ Selecione Stat > Ferramentas da Qualidade > Análise de Capacidade > Normal...

The screenshot shows the Minitab software interface with the 'Stat' menu open. The 'Ferramentas da Qualidade' (Tools for Quality) option is selected, which has a submenu with several options. The 'Análise de Capacidade' (Capability Analysis) option is also selected. A secondary submenu for 'Análise de Capacidade' is displayed, containing the following items:

- Normal...
- Entre/Dentro...
- Não normal...
- Múltiplas Variáveis (Normal)...
- Múltiplas Variáveis (Não Normal)...
- Binomial...
- Poisson...

❖ Atividade – Voitto Connect



- ✓ Selecione TMA São Paulo em coluna única > Digite 1 em tamanho de subgrupo.
- ✓ Digite 180 em Espec inferior e 240 em Espec superior.
- ✓ Clicar em Opções... > Selecionar apenas Análise Global e Z Benchmark > Clicar OK duas vezes.

Análise de Capacidade (Distribuição Normal)

Dados organizados como

Coluna única:

Tamanho do subgrupo:
(use uma constante ou uma coluna de identificação)

Subgrupos através de linhas:

Espec inferior: Limite

Espec superior: Limite

Média histórica: (opcional)

Desvio padrão histórico: (opcional)

Análise de Capacidade (Distribuição Normal): Opções

Alvo (adiciona Cpm à tabela):

Usar tolerância de $K \times \sigma$ para estatísticas de capacidade K =

Realizar Análise

Dentro da análise do subgrupo

Análise global

Exibição

Peças por milhão

Percentuais

Estatísticas de capacidade (Cp, Pp)

Z Benchmark (nível α)

Incluir intervalos de confiança

Nível de confiança:

Intervalos de confiança:

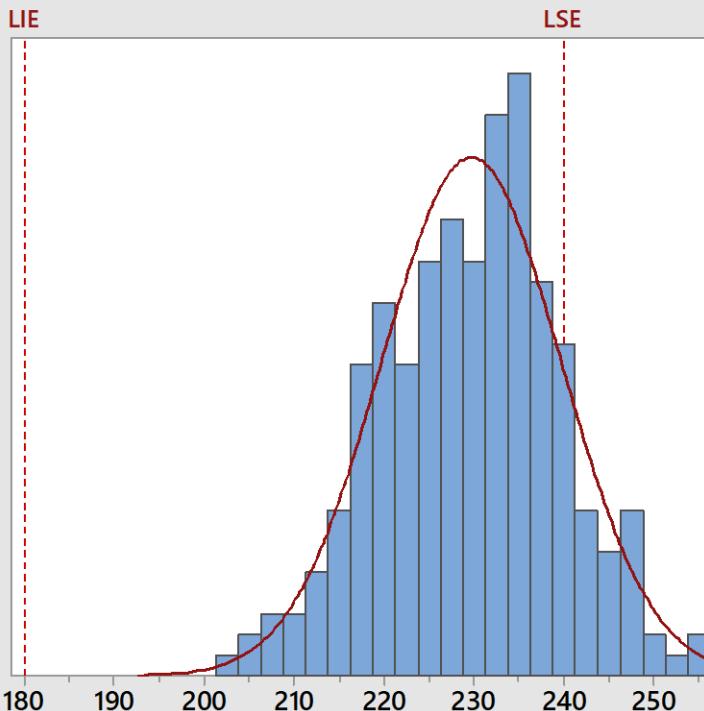
Título:

❖ Atividade – Voitto Connect



Relatório de Capacidade do Processo para TMA São Paulo

Dados do Processo	
LIE	180
Alvo	*
LSE	240
Média Amostral	229,702
N Amostral	250
DesvPad(Global)	9,99128



Capacidade Global	
Z.Bench	1,03
Z.LIE	4,97
Z.LSE	1,03
Ppk	0,34
Cpm	*

Desempenho		
	Observado	Global Esperado
PPM < LIE	0,00	0,33
PPM > LSE	140000,00	151337,78
PPM Total	140000,00	151338,10

❖ Atividade – Voitto Connect



- ❑ Selecione TMA Rio em coluna única > Digite 1 em tamanho de subgrupo.
- ❑ Digite 180 em Espec inferior e 240 em Espec superior.

Análise de Capacidade (Distribuição Normal)

X

C1 TMA São Paulo C2 TMA Rio	Dados organizados como <input checked="" type="radio"/> Coluna única: 'TMA Rio' <input type="radio"/> Subgrupos através de linhas: <input type="button" value="Selecionar"/>	Transformar... Estimativa... Opções... Armazenamento...
	Tamanho do subgrupo: 1 (use uma constante ou uma coluna de identificação)	
	Espec inferior: 180	<input type="checkbox"/> Limite
	Espec superior: 240	<input type="checkbox"/> Limite
	Média histórica:	(opcional)
	Desvio padrão histórico:	(opcional)

Ajuda

❖ Atividade – Voitto Connect



- ❑ Selecionar a opção “Transformar” > Selecione Transformação de poder Box-Cox.
- ❑ Selecionar usar λ ideal > clicar OK.
- ❑ Clicar em Opções... > Selecionar apenas Análise Global e Z Benchmark > Clicar OK duas vezes.

Análise de Capacidade (Distribuição Normal): Transformação

Nenhuma transformação

Transformação de poder de Box-Cox ($W = Y^{\lambda}$)
 Usar λ ideal
 $\lambda = 0$ (\ln)
 $\lambda = 0,5$ (raiz quadrada)
 Outros (insira um valor entre -5 e 5):

Transformação de Johnson (somente para análise global)
Valor-P para selecionar o melhor ajuste:

Análise de Capacidade (Distribuição Normal): Opções

Alvo (adiciona Cpm à tabela):

Usar tolerância de $K \times \sigma$ para estatísticas de capacidade K =

Realizar Análise

Dentro da análise do subgrupo
 Análise global

Exibição

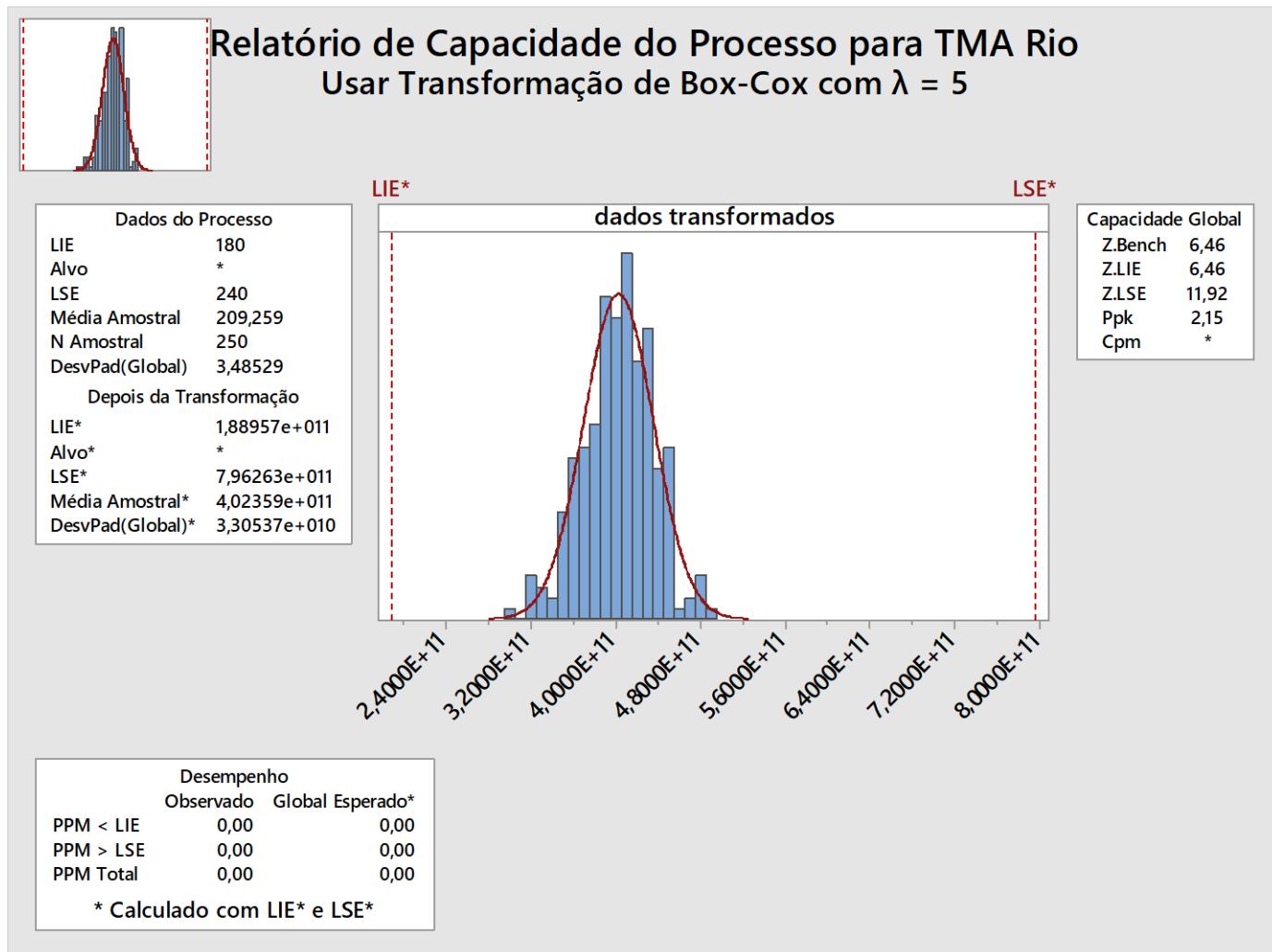
Peças por milhão
 Percentuais

Estatísticas de capacidade (Cp, Pp)
 Z Benchmark (nível σ)

Incluir intervalos de confiança
Nível de confiança:
Intervalos de confiança:

Título:

❖ Atividade – Voitto Connect



❖ Atividade – Voitto Connect



- Qual é a capabilidade de longo prazo para São Paulo e Rio?
- Qual é o Nível Sigma potencial (curto prazo) para São Paulo e Rio?
- O Nível Sigma encontrado é satisfatório para as duas cidades?

- $Z_{SP} = 1,03; Z_{RIO} = 6,46$

- $Z_{SP} = 1,03 + 1,5 = 2,53$ (Nível Sigma do processo é 2,5)
- $Z_{RIO} = 6,46 + 1,5 = 7,96$ (O processo possui um Nível de qualidade acima do 6 Sigma)
- O Nível de qualidade Sigma do Rio é muito satisfatório, já o de São Paulo deve ser melhorado pois está abaixo do Nível de qualidade 3 Sigma.



Módulo 3

DMAIC: Fase Medição

- Lição 1: Fase de Medição;*
- Lição 2: Mapa de Processo;*
- Lição 3: Espinha de Peixe;*
- Lição 4: Matriz Causa e Efeito;*
- Lição 5: Matriz Esforço x Impacto;*
- Lição 6: Conceitos de Estatística e Probabilidade;*
- Lição 7: Amostragem;*
- Lição 8: Introdução ao Minitab 18;*
- Lição 9: Estatística Descritiva;*



Módulo 3

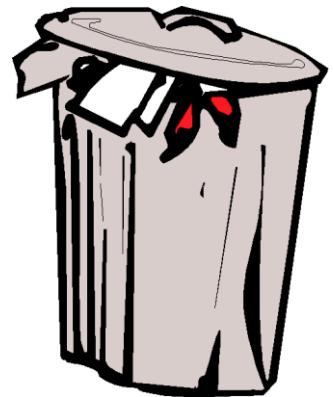
DMAIC: Fase Medição

- Lição 10: Principais Distribuições de Probabilidade;*
- Lição 11: Distribuição Normal e Teste de Normalidade;*
- Lição 12: Gráficos Básicos;*
- Lição 13: Cartas de Controle;*
- Lição 14: Capabilidade do Processo;*
- Lição 15: Análise do Sistema de Medição (dados contínuos);***
- Lição 16: Análise do Sistema de Medição (dados discretos);*
- Lição 17: Dinâmica dos carrinhos;*
- Consolidação do Conhecimento.*



❖ Análise do Sistema de Medição

O estudo de sistemas de medição fornecerá informação sobre o **% de variação nos seus dados de processo** que surge a partir do erro no processo de medição. Os três aspectos avaliados pela Análise do Sistema de Medição (MSA) que serão estudados em sala de aula são: repetibilidade, reproduzibilidade e discriminação.



Dados

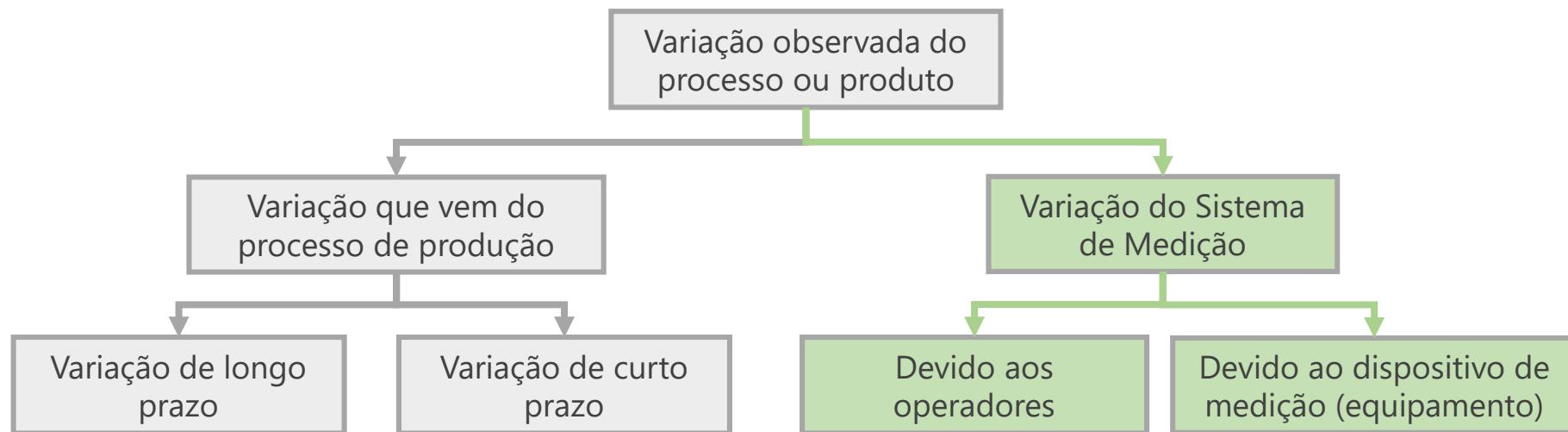


Análise



❖ Análise do Sistema de Medição

É uma ótima ferramenta para comparar dois ou mais instrumentos de medição ou dois ou mais operadores. A análise de sistemas de medição deve ser usada como parte dos critérios necessários para definir se os dados são confiáveis, aceitando o equipamento de medição utilizado, o procedimento de medição e a habilidade dos operadores.





❖ Análise do Sistema de Medição

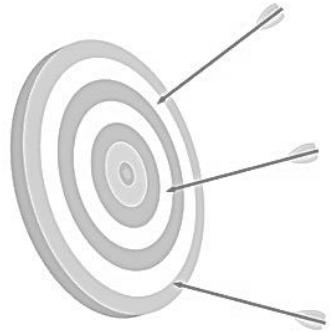
- ❑ A variação total observada em um processo pode vir de duas fontes: **o processo em si e o sistema de medição.**
- ❑ Se as variações do processo estiverem confundidas com as variações do sistema de medição, principalmente quando a variação do Sistema de Medição é significativa, podemos fazer ajustes no processo quando não é necessário .
- ❑ Por exemplo: a Capabilidade do processo será reportada com níveis mais baixos do que realmente são.

VAMOS ESTUDAR OS SISTEMAS DE MEDIÇÃO PARA DADOS CONTÍNUOS, COM BASE NOS CONCEITOS DE PRECISÃO E ACURACIDADE.

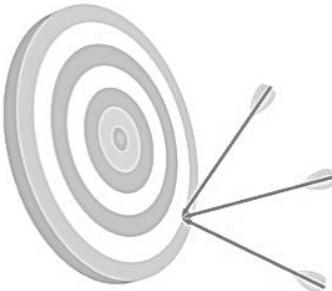


❖ Variação no Sistema de Medição

- ❑ **Acuracidade:** descreve a diferença entre a medição realizada e o seu valor real.
- ❑ **Precisão:** descreve a variação observada quando mede-se a mesma peça repetidas vezes com o mesmo equipamento.
- ❑ Isto significa que um Sistema de Medição ruim possui vício e uma variabilidade inadequada nas medições.



Baixa precisão e baixa acuracidade



Alta precisão e baixa acuracidade



Preciso e acurado



❖ Variação no Sistema de Medição

- ❑ **Repetibilidade:** Esta variação é observada quando um único operador mede a mesma amostra diversas vezes utilizando o mesmo equipamento. Normalmente um equipamento inadequado pode gerar falta de repetibilidade.

- ❑ **Reprodutibilidade:** Esta variação é observada quando diferentes operadores medem a mesma amostra usando o mesmo equipamento. Normalmente um procedimento de medição inadequado ou a falta de capacitação de alguns operadores podem gerar falta de reprodutibilidade.

$$\sigma_{SM}^2 = \sigma_{\text{Repro}}^2 + \sigma_{\text{Repe}}^2 \longrightarrow \boxed{\sigma_{SM} = \sqrt{\sigma_{\text{Repro}}^2 + \sigma_{\text{Repe}}^2}}$$



❖ *Tipos de Análises – R&R*

GR&R (Gauge Repeatability & Reproducibility): Compara a variabilidade do Sistema de Medição com a variabilidade total observada, ou seja, é a fração total da variação devido ao sistema de medição.

$$GRR = \frac{6 \times \sigma_{MS}}{6 \times \sigma_{Total}} \times 100 \%$$

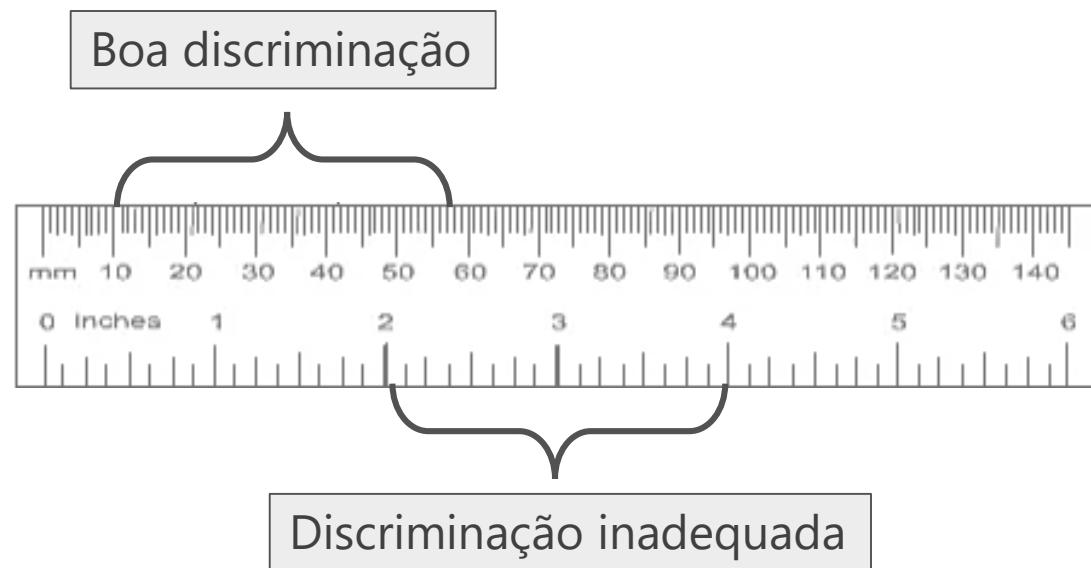
P/T (Precisão sobre a Tolerância): Compara a capacidade do Sistema de Medição com a faixa de especificação, ou seja, é a fração da tolerância devido à variação do sistema de medição.

$$\%P/T = \frac{6 \times \sigma_{MS}}{USL - LSL} \times 100 \%$$



❖ *Tipos de Análises – Discriminação*

A Discriminação é a capacidade do sistema de medição de detectar e indicar, mesmo com pequenas mudanças na característica medida. Quanto melhor for a discriminação, melhor o sistema de medição será capaz de detectar diferentes grupos de valores.





❖ *Tipos de Análises*

Os critérios para a definição de um Sistema de Medição aceitável estão no quadro abaixo:

CRITÉRIOS	VALORES	CLASSIFICAÇÃO
Gage R&R e %P/T	$\leq 10\%$	Sistema de Medição ACEITÁVEL
Gage R&R e %P/T	entre 10% e 30%	Sistema de Medição MARGINAL
Gage R&R e %P/T	$\geq 30\%$	Sistema de Medição INACEITÁVEL
Número de categorias	≥ 4 categorias	Discriminação ACEITÁVEL
Número de categorias	< 4 categorias	Discriminação INACEITÁVEL

❖ **Atividade Voitto Cars**



O Black Belt da empresa **Voitto Cars**, uma indústria de autopeças, está realizando um estudo para avaliação do sistema de medição usado para medir a dimensão do principal produto fabricado pela empresa, cuja faixa de especificação é $32\text{cm} \pm 5\text{cm}$. As vinte unidades do produto (peças) selecionadas foram medidas duas vezes pelos três avaliadores da empresa.

O objetivo é verificar se a variabilidade do sistema de medição é significativa e pode interferir no resultado do processo.

Abra o arquivo “*Voitto Cars.MTW*”.

❖ Atividade Voitto Cars



Selecione Estat > Ferramentas da Qualidade > Estudo de Medição > Estudo de Medição R&R (Cruzado)...

The screenshot shows the Minitab software interface with a red box highlighting the menu path. The path is: Estat > Ferramentas da Qualidade > Estudo de Medição > Estudo de Medição R&R (Cruzado)... . The 'Estudo de Medição R&R (Cruzado)...' option is also highlighted with a blue selection bar.

Estat Gráfico Editor Ferramentas Janela Ajuda Assistente

Estatísticas Básicas
Regressão
ANOVA
DOE (Planejamento de Experimento)
Cartas de Controle
Ferramentas da Qualidade
Confiabilidade/Sobrevivência
Multivariada
Séries Temporais
Tabelas
Não-Paramétricos
Testes de Equivalência
Poder e Tamanho de Amostra

Gráficos de Ensaios...
Gráfico de Pareto...
Causa e Efeito...
Identificação de Distribuição Individual...
Transformação de Johnson...
Análise de Capacidade
Capability Sixpack

Intervalos de Tolerância (Distribuição Normal)...
Intervalos de Tolerância (Distribuição Não-normal)...

Estudos de Medição

Criação de Worksheet para Análise de Concordância de Atributos...
Análise de Concordância de Atributos...
Amostragem de Aceitação para Atributos ...
Amostragem de Aceitação para Variáveis
Carta Multi-Vari...
Gráfico de Simetria...

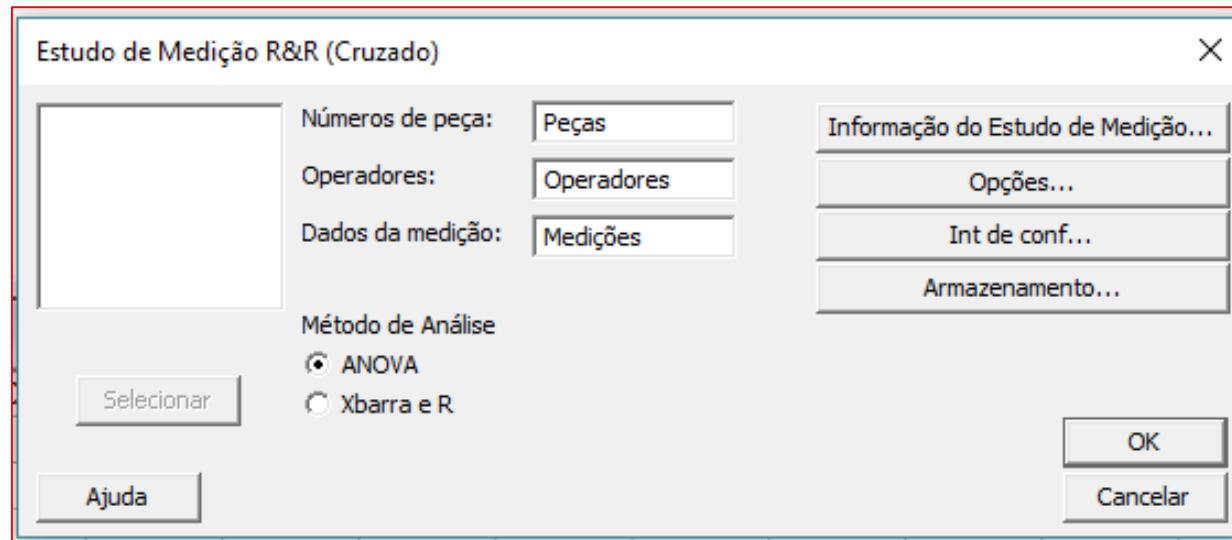
Estudo de Medição Tipo 1...
Criação de uma worksheet para um estudo de medição R&R...
Gráfico de Ensaios de Medição...
Estudo de Linearidade e Vício de Medição...
Estudo de Medição R&R (Cruzado)...
Estudo de Medição R&R (Aninhado)...
Estudo de Medição R&R (Expandido)...
Estudo de Medição por Atributos (Método Analítico)...

C3	C4	C5	C6
Peças			
1			
1			
2			
2			
3			
3			

❖ Atividade Voitto Cars



Selecione a coluna Peças para a categoria Números de peça: > Selecione a coluna Operadores para a categoria Operadores: > Selecione a coluna Medições para a categoria Dados da medição: > Selecione ANOVA como Método de Análise.



❖ Atividade Voitto Cars



Selecione Opções... > Digite 27 para Espec. Inferior > Digite 37 para Espec. Superior > Clique em OK duas vezes.

Estudo de Medição R&R (Cruzado): Opções de ANOVA

Variação do estudo: (número de desvios padrão)

Tolerância do processo

Inserir no mínimo um limite de especificação

Espec inferior:

Espec superior:

Espec superior - Espec inferior:

Desvio padrão histórico:

Usar desvio padrão histórico para estimar a variação do processo

Alfa para remover termo de interação:

Probabilidades de classificação errada

Não exibir contribuição percentual

Não exibir variação do estudo de percentual

Construir gráficos em gráficos separados, um gráfico por página

Título:

Ajuda | OK | Cancelar

❖ Atividade Voitto Cars



R&R da Medição

Componentes de Variância

Fonte	CompVar	%Contribuição (de CompVar)
Total de R&R da Medição	1,7899	8,05
Repetibilidade	1,7701	7,96
Reprodutibilidade	0,0198	0,09
Operadores	0,0198	0,09
Peça a Peça	20,4563	91,95
Variação Total	22,2461	100,00

Tolerância do processo = 10

$$GRR = \frac{6 \times \sigma_{MS}}{6 \times \sigma_{Total}} \times 100 \%$$

Avaliação das Medições

Fonte	DesvPad (DP)	Var do Estudo (6 × DP)	%Var do Estudo (%VE)	% de Tolerância (VE/Toler)
Total de R&R da Medição	1,33785	8,0271	28,36	80,27
Repetibilidade	1,33044	7,9827	28,21	79,83
Reprodutibilidade	0,14062	0,8437	2,98	8,44
Operadores	0,14062	0,8437	2,98	8,44
Peça a Peça	4,52286	27,1372	95,89	271,37
Variação Total	4,71658	28,2995	100,00	282,99

$$\%P/T = \frac{6 \times \sigma_{MS}}{USL - LSL} \times 100 \%$$

Número de Categorias Distintas = 4



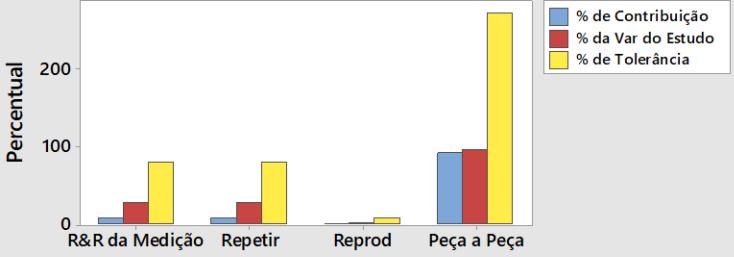
Número de categorias para
análise da discriminação

❖ Atividade Voitto Cars

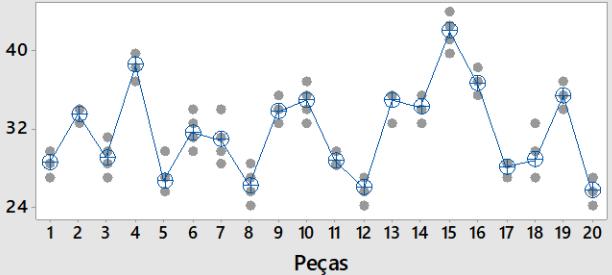


Relatório de R&R da Medição (ANOVA) para Medições

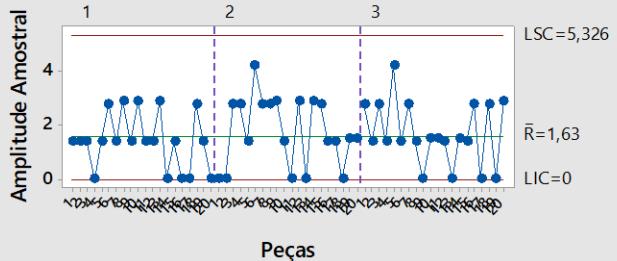
Componentes de Variação



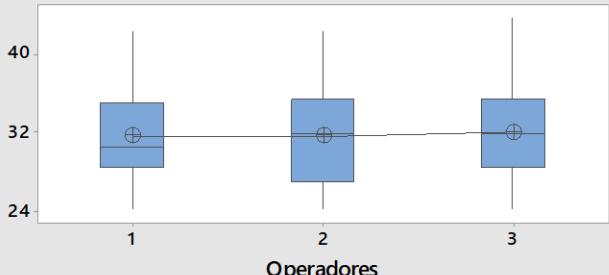
Medições por Peças



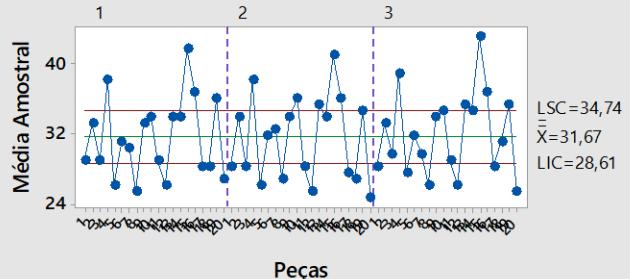
Carta R por Operadores



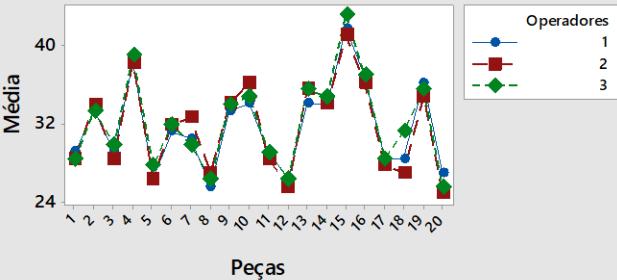
Medições por Operadores



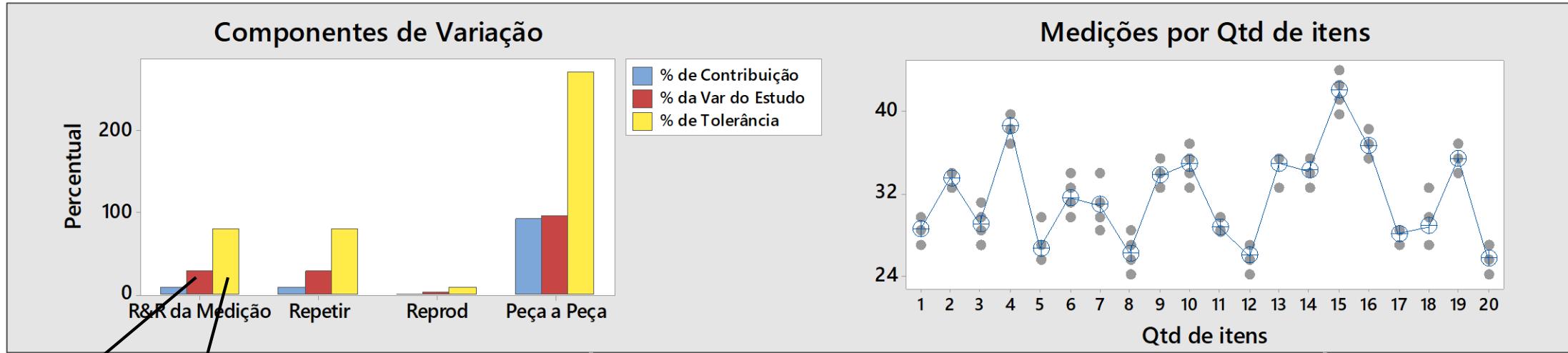
Carta Xbarra por Operadores



Interação de Peças * Operadores



❖ Atividade Voitto Cars



$$GRR = \frac{6 \times \sigma_{MS}}{6 \times \sigma_{Total}} \times 100 \%$$

Apresenta uma comparação visual das fontes de variação do Sistema de Medição, comparado à variação que vem do processo de produção.

$$\%P/T = \frac{6 \times \sigma_{MS}}{USL - LSL} \times 100 \%$$

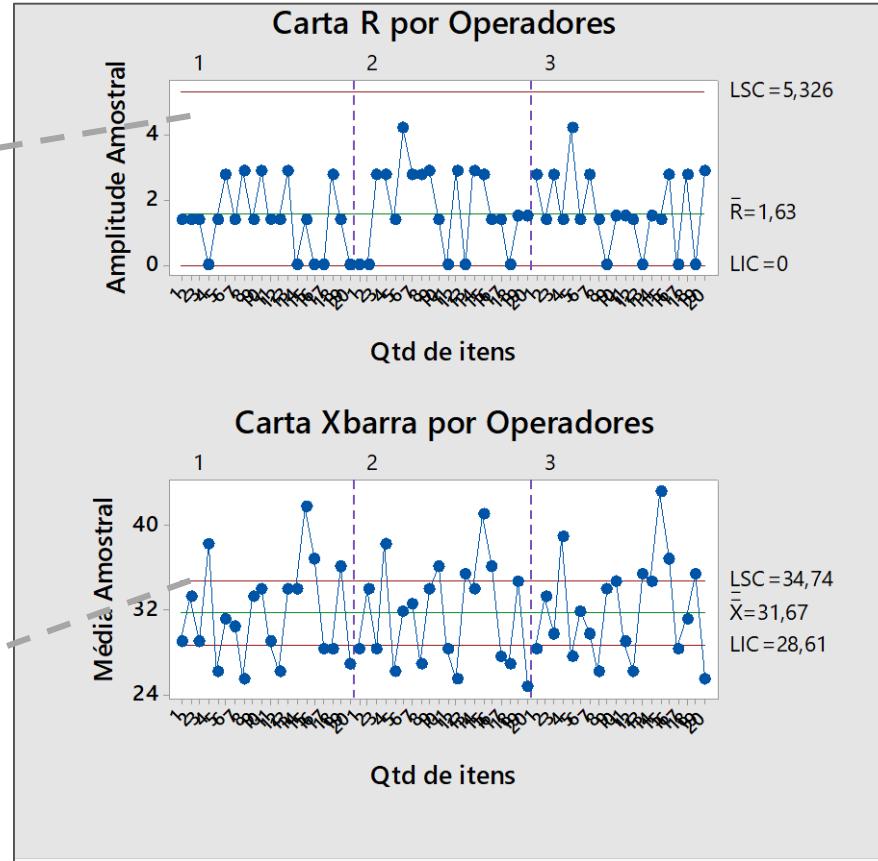
Apresenta a variação que ocorre entre as medições realizadas em cada peça. Esperamos observar o mínimo de variabilidade nas medições de cada peça.

❖ Atividade Voitto Cars



Carta R: avalia a consistência do Sistema de medição através da repetibilidade dos operadores. Desejamos todos os pontos dentro dos limites. O operador que tiver pontos fora poderá ter seu método de trabalho questionado.

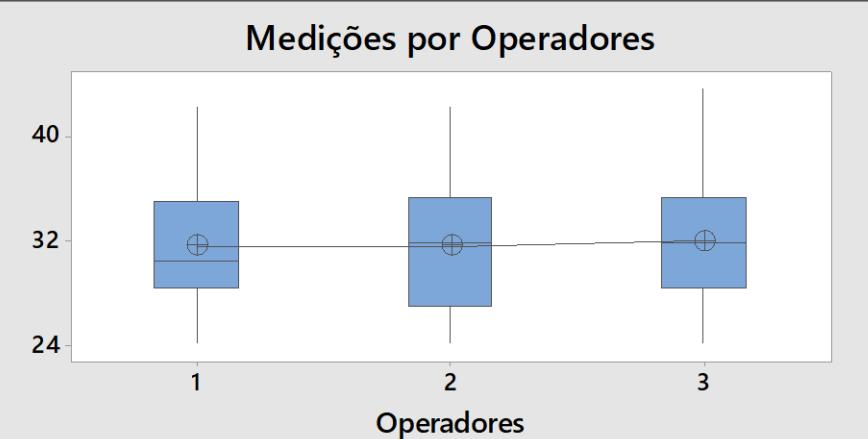
Carta Xbarra: desejamos observar pelo menos 50% dos pontos fora dos limites de controle para termos boa discriminação. O padrão semelhante entre os operadores indica boa reproduzibilidade.



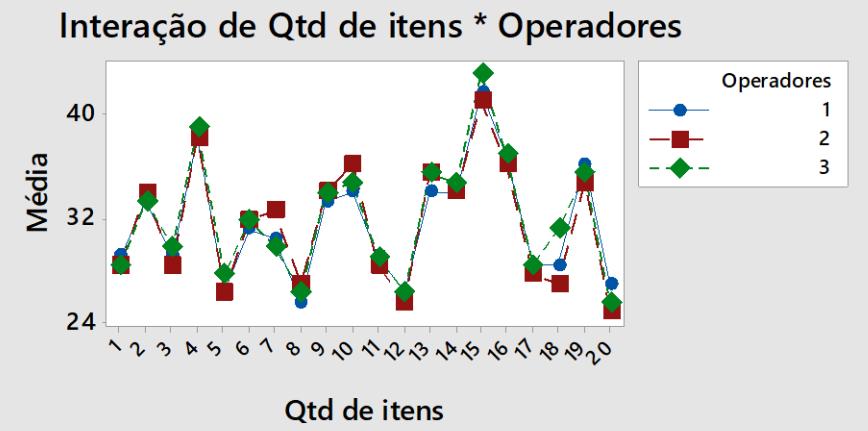
❖ Atividade Voitto Cars



Avalia a variabilidade entre os operadores, evidenciando se o Sistema de Medição possui ou não reprodutibilidade. Esperamos uma linha horizontal ligando as médias de cada Boxplot.



Cada ponto no gráfico representa a média das medições feitas em cada peça por cada operador. Quanto mais as linhas se cruzarem, mais forte é a interação entre a peça e operador. Isto significa que a peça gera maior ou menor dificuldade ou variabilidade dependendo do operador que estiver fazendo a medição.



❖ **Atividade Voitto Cars**



Utilize os critérios apresentados no material para definir um Sistema de Medição aceitável e responda: o Sistema de Medição da Voitto Cars é aceitável? Explique.

- O Sistema de Medição é inaceitável principalmente porque o %PT está cima de 30%, sendo igual a 80,27%. O GRR está próximos de 30%, sendo o valor estabelecido 28,36%.

Nos gráfico observamos que a variabilidade provocada pelo Sistema de Medição nos resultados mensurados é significativa e envolve maiores problemas com repetibilidade.

❖ **Atividade Prática - MSA**



Na empresa **Voitto Beer**, uma fabricante de bebidas, um Black Belt está realizando um estudo para verificar se os dados do indicador de volume por embalagem são confiáveis. Para isso será feita uma avaliação do Sistema de Medição, considerando que o valor de especificação do volume é de $600 \pm 5\text{ml}$, e que o estudo será realizado para 20 embalagens selecionadas aleatoriamente e medidas por três avaliadores da empresa.

Avalie os resultados no Minitab e, seguindo os critérios do material, conclua se o Sistema de Medição é aceitável e os dados da empresa confiáveis.

Abra o arquivo “*Voitto Beer.MTW*”.

❖ Atividade Prática - MSA



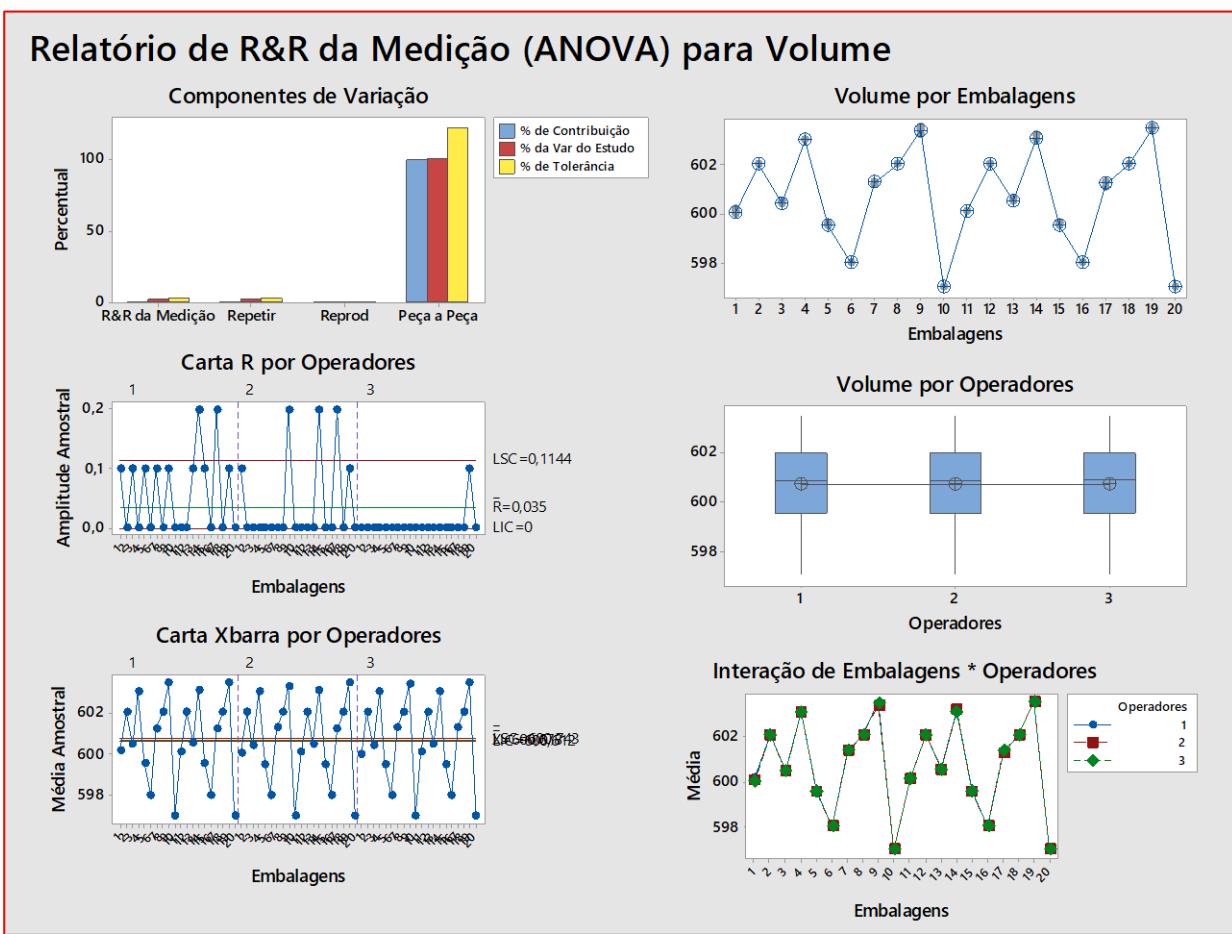
O Sistema de Medição da *Voitto Beer*, para medir o volume das embalagens é aceitável? Os dados da empresa são confiáveis? Explique.

Componentes de Variância		
Fonte	CompVar	%Contribuição (de CompVar)
Total de R&R da Medição	0,00246	0,06
Repetibilidade	0,00240	0,06
Reprodutibilidade	0,00006	0,00
Operadores	0,00006	0,00
Peça a Peça	4,13981	99,94
Variação Total	4,14227	100,00

Tolerância do processo = 10

Avaliação das Medições				
Fonte	DesvPad (DP)	Var do Estudo ($6 \times DP$)	%Var do Estudo (%VE)	% de Tolerância (VE/Toler)
Total de R&R da Medição	0,04962	0,2977	2,44	2,98
Repetibilidade	0,04902	0,2941	2,41	2,94
Reprodutibilidade	0,00766	0,0460	0,38	0,46
Operadores	0,00766	0,0460	0,38	0,46
Peça a Peça	2,03465	12,2079	99,97	122,08
Variação Total	2,03526	12,2115	100,00	122,12

Número de Categorias Distintas = 57



❖ Atividade Prática - MSA



O Sistema de Medição da *Voitto Beer*, para medir o volume das embalagens é aceitável? Os dados da empresa são confiáveis? Explique.

- O Sistema de Medição é aceitável, já que o GageR&R e o %PT ficaram abaixo de 10%, o número de categorias é muito acima de 4 e pelos gráficos percebemos que a variabilidade provocada pelo Sistema de Medição nos resultados mensurados é muito baixa.
- Como o Sistema de Medição é aceitável, ele gera uma coleta de dados confiáveis.



❖ *Variação no Sistema de Medição*

- ❑ **Vício:** corresponde a diferença entre o valor de referência de uma característica medida e a média de medições repetidas dessa mesma característica.

- ❑ **Linearidade:** é a diferença entre os valores do vício ao longo do intervalo de operação do sistema de medição.

❖ **Atividade Voitto Alimentos**

- ❑ A empresa Voitto Alimentos deseja avaliar seu sistema de medição quanto ao vício e linearidade, para isso a empresa selecionou 4 tipos de produtos provenientes de sua linha de produção. Cada produto foi pesado em um laboratório de metrologia para determinação do valor de referência e posteriormente um operador pesou 10 vezes cada um dos produtos.

- ❑ O objetivo é verificar se a variabilidade do sistema de medição é significativa e pode interferir no resultado do processo.

- ❑ Abra o arquivo “Voitto Alimentos.MTW”.

❖ Atividade Voitto Alimentos



Selecione Stat > Ferramentas da Qualidade > Estudo de Medição > Estudo de Linearidade e Vício de Medição

The screenshot shows the Minitab software interface with the following menu path highlighted:

- Estat
- Gráfico
- Editor
- Ferramentas
- Janela
- Ajuda
- Assistente

The "Ferramentas da Qualidade" (Tools for Quality) option is selected, revealing a dropdown menu with the following options:

- Gráficos de Ensaios...
- Gráfico de Pareto...
- Causa e Efeito...
- Identificação de Distribuição Individual...
- Transformação de Johnson...
- Análise de Capacidade
- Capability Sixpack

The "Estudos de Medição" (Measurement Studies) option is also selected, revealing another dropdown menu with the following options:

- Criação de Worksheet para Análise de Concordância de Atributos...
- Análise de Concordância de Atributos...
- Amostragem de Aceitação para Atributos ...
- Amostragem de Aceitação para Variáveis
- Carta Multi-Vari...
- Gráfico de Simetria...

At the bottom of the measurement studies menu, the "Estudo de Linearidade e Vício de Medição..." (Study of Linearity and Measurement Bias) option is selected.

❖ Atividade Voitto Alimentos



Selecione a coluna Produtos para a categoria Números de peça: > Selecione a coluna Valores de Referência para a categoria Valores de referência: > Selecione a coluna Medição para a categoria Dados da medição.

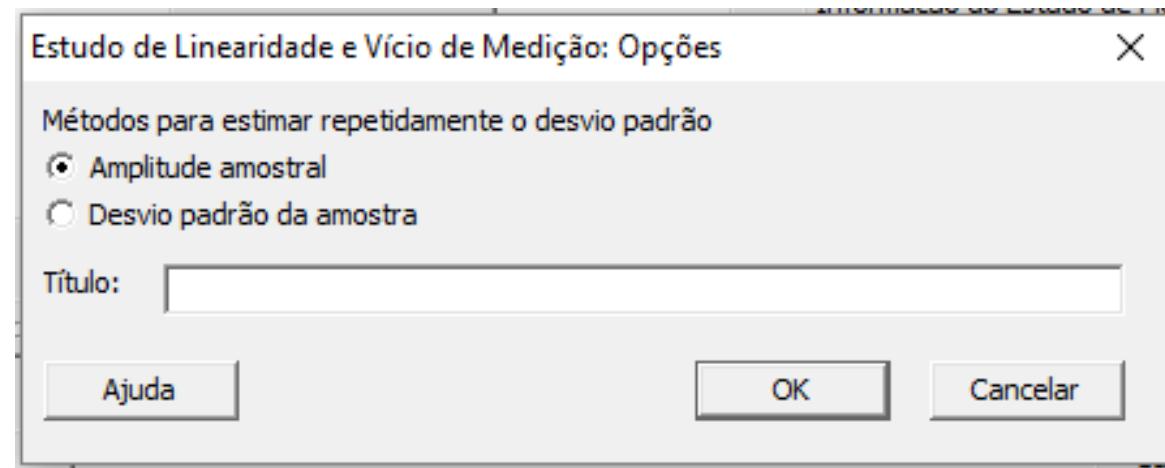
Estudo de Linearidade e Vício de Medição

Números de peça: Informação do Estudo de Medição...
Valores de referência:
Dados da medição: Opções...
Variação do processo: (opcional)
(variação do estudo a partir da RR da medição)
ou
(6 × desvio padrão histórico)

❖ Atividade Voitto Alimentos



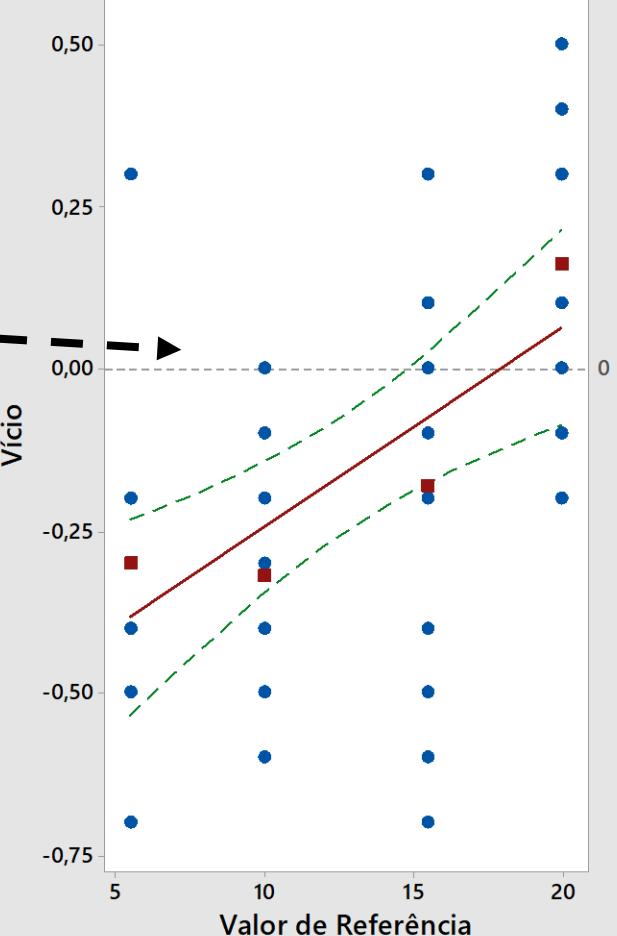
Selecione Opções... > Selecione Amplitude amostral em Métodos para estimar repetidamente o desvio padrão > Clique em OK.



❖ Atividade Voitto Alimentos



Relatório de Linearidade de Medição e Vício para Medição



Linearidade da Medição			
Preditor	Coef	EP de Coef	P
Constante	-0,5544	0,1137	0,000
Inclinação	0,030936	0,008190	0,001

S 0,284012 R2 27,3%

Vício da Medição		
Referência	Vício	P
Média	-0,16	0,001
5,5	-0,30	0,017
10	-0,32	0,001
15,5	-0,18	0,109
20	0,16	0,05

O p-valor da inclinação e da constante são menores que 0,10.

R2 muito abaixo de 100%.

Vício médio para cada valor

❖ Atividade Voitto Alimentos



❑ Equação da Regressão Linear

$$\text{Vício} = -0,5544 + 0,030936 \times (\text{Valor de Referência})$$

❑ Teste de Hipóteses referente à inclinação

- ❑ H_0 : inclinação = 0 (vício constante / linearidade aceitável).
- ❑ H_1 : inclinação $\neq 0$ (vício variável / linearidade inaceitável).
 - Se $P \geq 0,10$, a linearidade é aceitável (aceito H_0).
 - Se $P < 0,10$, a linearidade é inaceitável (rejeito H_0).

Linearidade da Medição			
Predictor	Coef	EP de Coef	P
Constante	-0,5544	0,1137	0,000
Inclinação	0,030936	0,008190	0,001
S	0,284012	R2	27,3%

❖ Atividade Voitto Alimentos



❑ Teste de Hipóteses referente ao intercepto (analisado quando a linearidade é aceitável)

- ❑ H_0 : intercepto = 0 (ausência de vício)
- ❑ H_1 : intercepto $\neq 0$ (presença de vício)
- ❑ Se $P \geq 0,10$, o vício está ausente (aceito H_0).
- ❑ Se $P < 0,10$, o vício está presente (rejeito H_0).

Linearidade da Medição			
Predictor	Coef	EP de Coef	P
Constante	-0,5544	0,1137	0,000
Inclinação	0,030936	0,008190	0,001
S	0,284012	R2	27,3%

❖ Atividade Voitto Alimentos



❑ R-sq (R²)

- ❑ O coeficiente de determinação ($0 < R-Sq < 1$) deve ficar sempre próximo de 100%, o que indica um melhor ajuste da equação de regressão aos dados.
- ❑ Na atividade o R-sq = 27,3%, o que indica que o modelo linear pode não ser apropriado aos dados.

Linearidade da Medição				
Preditor	Coef	EP de Coef	P	
Constante	-0,5544	0,1137	0,000	
Inclinação	0,030936	0,008190	0,001	
S	0,284012	R2	27,3%	

- ❑ Outro ponto importante: a reta de referência (vício = 0) “atravessa” os limites da faixa de confiança (linhas verdes) e não permanece contida dentro desses limites. Para uma condição de linearidade e vício aceitáveis, a reta de referência deveria estar totalmente contida no intervalo de confiança.

❖ Atividade Voitto Alimentos



- ❑ Utilize os critérios apresentados e responda: o Sistema de Medição da *Voitto Alimentos* é aceitável? Explique.

Não é aceitável.

- P (inclinação) < 0,10, sendo assim a linearidade é inaceitável.
- $R^2 = 27,3\%$ indica que o modelo linear não é apropriado para os dados.



Módulo 3

DMAIC: Fase Medição

- Lição 1: Fase de Medição;*
- Lição 2: Mapa de Processo;*
- Lição 3: Espinha de Peixe;*
- Lição 4: Matriz Causa e Efeito;*
- Lição 5: Matriz Esforço x Impacto;*
- Lição 6: Conceitos de Estatística e Probabilidade;*
- Lição 7: Amostragem;*
- Lição 8: Introdução ao Minitab 18;*
- Lição 9: Estatística Descritiva;*



Módulo 3

DMAIC: Fase Medição

- Lição 10: Principais Distribuições de Probabilidade;*
- Lição 11: Distribuição Normal e Teste de Normalidade;*
- Lição 12: Gráficos Básicos;*
- Lição 13: Cartas de Controle;*
- Lição 14: Capabilidade do Processo;*
- Lição 15: Análise do Sistema de Medição (dados contínuos);*
- Lição 16: Análise do Sistema de Medição (dados discretos);***
- Lição 17: Dinâmica dos carrinhos;*
- Consolidação do Conhecimento.*

❖ *Sistema de Medição - atributos*

- ❑ Em um sistema de medição por atributos normalmente estamos em um cenário de inspeção / classificação.
- ❑ O resultado da medição é são valores do tipo perfeita / defeituosa, passa / não passa.
- ❑ No caso da avaliação de sistemas de medição por atributos é colocada ênfase na avaliação da capacidade do avaliador em detectar repetidamente itens perfeitos ou defeituosos.
- ❑ Também avaliamos a tendência com que o avaliador rejeita unidades perfeitas e aceita unidades defeituosas.

❖ *Sistema de Medição - atributos*

- ❑ **Precisão:** a avaliação da precisão é feita por meio da comparação dos resultados dos avaliadores, independentemente do padrão, e é dividida em dois componentes: **repetibilidade e reproduzibilidade.**
 - ❑ A repetibilidade representa a capacidade de o avaliador repetir a mesma resposta quando avalia repetidas vezes o mesmo item, de modo independente do padrão. A avaliação da repetibilidade é feita por meio da comparação dos resultados para um mesmo avaliador.
 - ❑ A reproduzibilidade representa a capacidade do grupo de avaliadores escolherem a mesma resposta quando avaliam o mesmo item, de forma independente do padrão.

❖ *Sistema de Medição - atributos*

- ❑ **Vício:** é quando comparamos os resultados dos avaliadores com um padrão podendo gerar **concordância ou discordância**.
- ❑ **Concordância individual** representa a capacidade de cada avaliador escolher a resposta correta, de acordo com o padrão, quando avalia todos os itens em todas as repetições.
- ❑ **Concordância global** representa a capacidade do grupo de avaliadores escolherem a resposta correta, de acordo com o padrão, quando avaliam todos os itens em todas as repetições.

❖ *Sistema de Medição - atributos*

- ❑ **Discordância:** representa a capacidade de cada avaliador escolher uma resposta diferente do padrão quando avalia todos os itens.
- ❑ **A classificação errada** representa a aceitação de um item defeituoso, isto é, classificar como perfeito um item que é defeituoso, o que é um erro grave.

número de itens defeituosos classificados como perfeitos em todas as inspeções do avaliador

número de itens defeituosos

❖ *Sistema de Medição - atributos*

- **O alarme falso** representa a rejeição de um item perfeito, ou seja, classificar como defeituoso um item que é perfeito. A rejeição de um item perfeito implica na realização de trabalho e reinspeção desnecessários.

$$\frac{\text{número de itens perfeitos classificados como defeituosos em todas as inspeções do avaliador}}{\text{número de itens perfeitos}}$$

- **A mistura** ocorre quando há resultados contraditórios nas avaliações de um mesmo item. O item que é avaliado como perfeito também é avaliado como defeituoso.

$$\frac{\text{número de itens classificados de modo contraditório nas inspeções repetidas do avaliador}}{\text{número total de itens}}$$

❖ *Sistema de Medição - atributos*

- ❑ **Critérios para avaliar o sistema de medição com dados de atributos**
- ❑ Entre todos os critérios que vimos nos slides anteriores, o sistema será avaliado por: percentuais de concordância individual, classificação errada e alarme falso.
- ❑ Sempre que um avaliador ou instrumento for classificado como marginal ou inaceitável, haverá necessidade de adoção de ações corretivas.

	Aceitável	Marginal	Inaceitável
Concordância Individual	90% ou mais	Entre 80% e 90%	Menor que 80%
Alarme Falso	5% ou menos	Entre 5% e 10%	Maior que 10%
Classificação Errada	2% ou menos	Entre 2% e 5%	Maior que 5%

❖ *Sistema de Medição - atributos*

- Abaixo apresentamos uma sugestão de tamanho de amostra para o estudo do sistema demedição. A amostra deve ser composta por cerca de 50% de itens perfeitos e 50% de itens defeituosos.

Número de avaliadores	Número mínimo de itens	Número mínimo de inspeções
1	24	5
2	18	4
3 ou mais	12	3

❖ **Atividade Prática – Topa Tudo**

- ❑ A empresa de varejo **Voitto Topa Tudo** percebeu que uma parte significativa de produtos danificados por manuseio incorreto, que não poderiam ser vendido ao consumidor, não eram retirados das prateleiras conforme o procedimento padrão definido pela empresa.
- ❑ O Green Belt, que era gerente regional, decidiu avaliar o sistema de medição na inspeção de produtos danificados, ou seja, verificar a capacidade dos supervisores de loja em identificar corretamente os produtos que deveriam ser retirados das prateleiras.
- ❑ O supervisor de loja é o responsável por inspecionar diariamente os produtos de cada departamento. Através da avaliação do sistema de medição podemos verificar se o trabalho dos supervisores é confiável.

❖ *Atividade Prática – Topa Tudo*

- ❑ Participaram do estudo três supervisores responsáveis pela inspeção para identificação de produtos danificados. Vinte produtos (nove perfeitos e onze defeituosos) foram utilizados na avaliação, após terem sido previamente classificados pelo gestor da loja, que é considerado a pessoa com melhor capacidade para diferenciar de maneira confiável os produtos defeituosos dos perfeitos.
- ❑ Cada supervisor inspecionou três vezes cada um dos produtos selecionados de maneira aleatória e os resultados obtidos estão apresentados na tabela a seguir.
- ❑ Nessa tabela, P significa produto perfeito e D produto defeituoso.

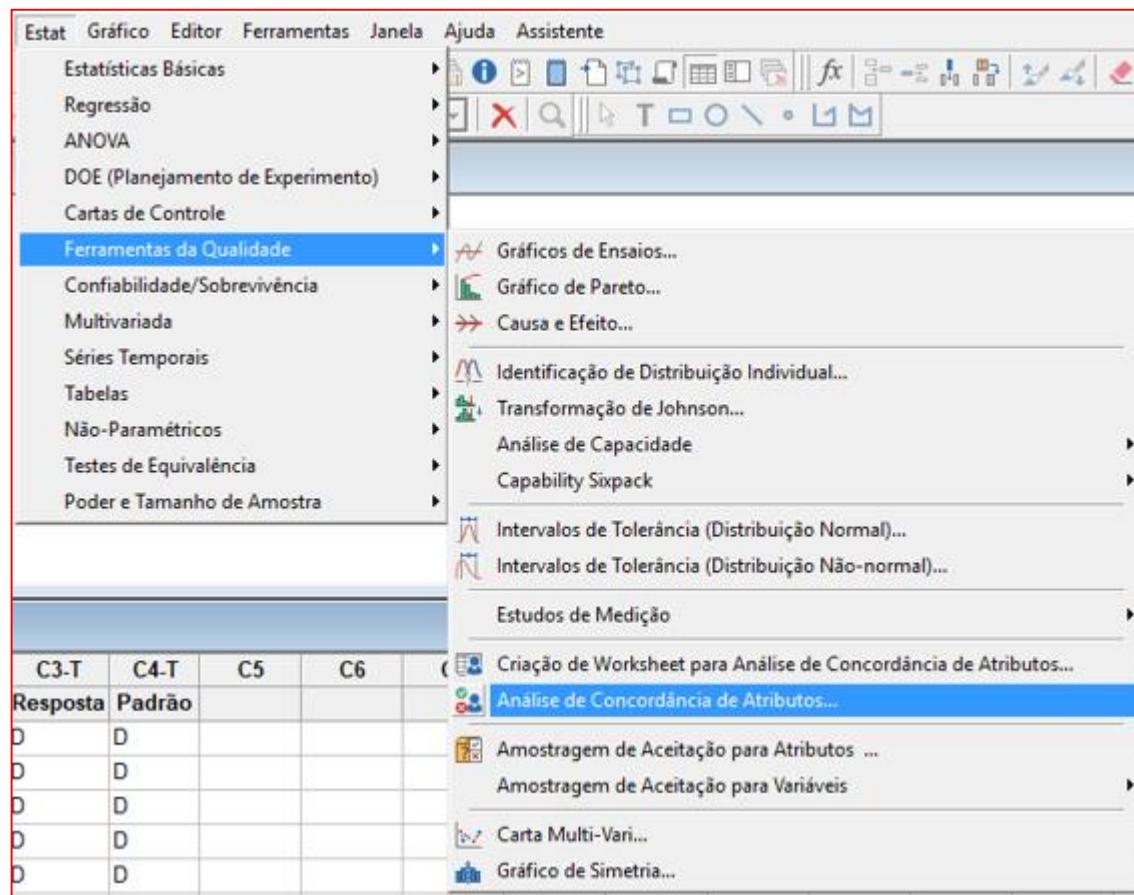
❖ Atividade Prática – Topa Tudo

ITEM	PADRÃO	SUPERVISOR A	SUPERVISOR B	SUPERVISOR C
1	D	D D D	D D D	D D D
2	P	P P P	P P P	P P P
3	P	P P P	P P P	P P P
4	D	D D D	D D D	D D D
5	D	D D D	D P D	D D D
6	P	D P D	P P P	P D P
7	D	D D D	P P P	P P P
8	P	D D D	P P P	P P P
9	D	D D D	D D D	D D D
10	P	P P P	P P P	P P P
11	D	D D D	D P D	D D D
12	P	P P P	P P P	P P P
13	D	D D D	P P P	P P P
14	P	P P P	P P P	P P P
15	D	D D D	D P D	D D D
16	P	P P P	P P P	P P P
17	D	D D D	D P D	D D D
18	D	D D D	D D D	D D D
19	P	P P P	P P P	P P P
20	D	D D D	P P P	P P P

❖ Atividade Prática – Topa Tudo

Abra o arquivo Topa Tudo 2.mtw

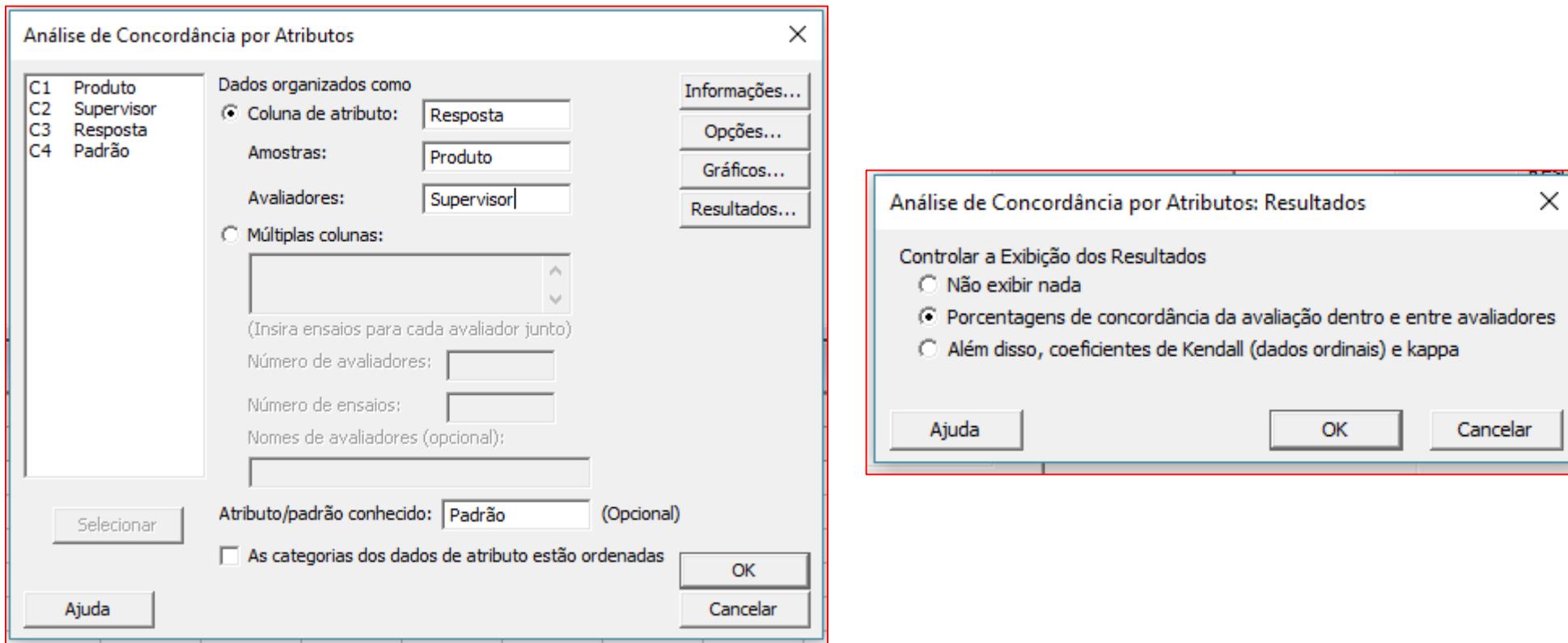
Clique em Estat -> Ferramentas da Qualidade -> Análise de Concordância de Atributos



❖ Atividade Prática – Topa Tudo

Preencha a tela conforme figura abaixo.

Selecione Resultados... -> Clique em porcentagens de concordância da avaliação dentro e entre avaliadores -> Clique em OK duas vezes.



❖ Atividade Prática – Topa Tudo

Análise de Concordância por Atributos para Resposta

Dentro dos Avaliadores

Concordância de Avaliação

Avaliador	Nº de Inspecionados	Nº de Correspondências	Percentual	IC de 95%
A	20	19	95,00	(75,13; 99,87)
B	20	16	80,00	(56,34; 94,27)
C	20	19	95,00	(75,13; 99,87)

Nº de Correspondências: O avaliador concorda com os ensaios.

Cada Avaliador versus Padrão

Concordância de Avaliação

Avaliador	Nº de Inspecionados	Nº de Correspondências	Percentual	IC de 95%
A	20	18	90,00	(68,30; 98,77)
B	20	13	65,00	(40,78; 84,61)
C	20	16	80,00	(56,34; 94,27)

Nº de Correspondências: A avaliação do avaliador ao longo dos ensaios concorda com o padrão conhecido.

Discordância de Avaliação

Avaliador	Nº de P / D	Percentual	Nº de D / P	Percentual	Nº de Misturados	Percentual
A	0	0,00	1	11,11	1	5,00
B	3	27,27	0	0,00	4	20,00
C	3	27,27	0	0,00	1	5,00

Nº de P / D: Avaliações entre ensaios = P / padrão = D.

Nº de D / P: Avaliações entre ensaios = D / padrão = P.

Nº de Misturados: As avaliações entre ensaios não são idênticas.

Entre Avaliadores

Concordância de Avaliação

Nº de Inspecionados	Nº de Correspondências	Percentual	IC de 95%
20	11	55,00	(31,53; 76,94)

Nº de Correspondências: As avaliações de todos os avaliadores concordam entre si.

Todos os Avaliadores versus Padrão

Concordância de Avaliação

Nº de Inspecionados	Nº de Correspondências	Percentual	IC de 95%
20	11	55,00	(31,53; 76,94)

Nº de Correspondências: As avaliações de todos os avaliadores concordam com o padrão conhecido.

Análise de Concordância por Atributos

Concordância de Avaliação

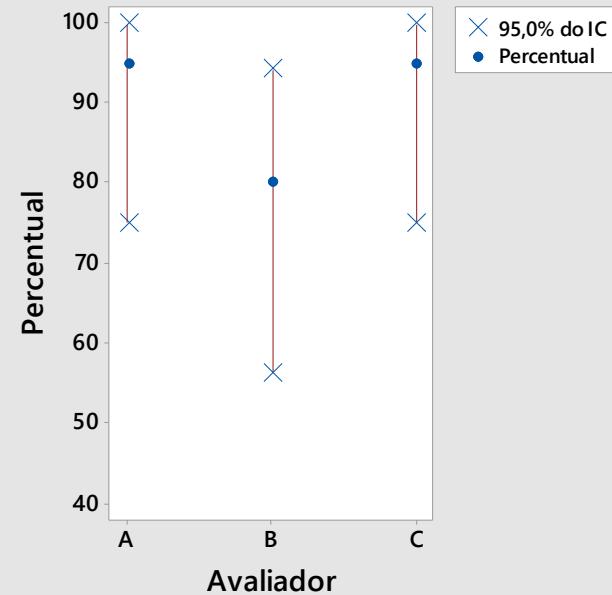
Data do estudo:

Informado por:

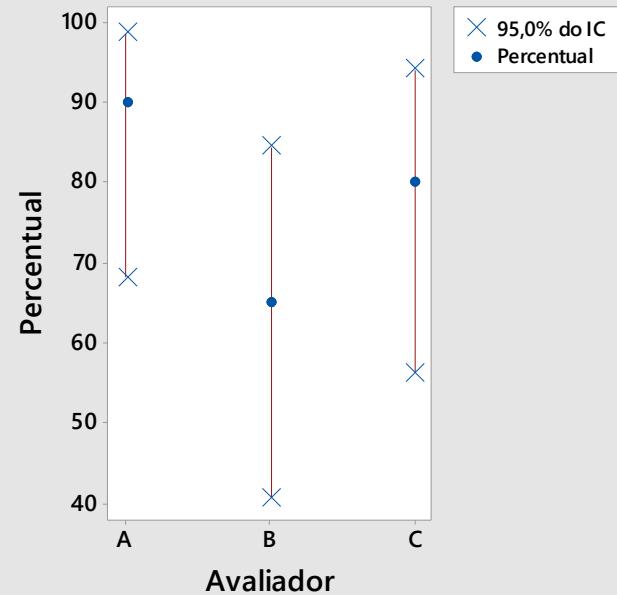
Nome do produto:

Div:

Dentro dos Avaliadores



Avaliador versus Padrão



❖ Atividade Prática – Topa Tudo

Análise de Concordância por Atributos para Resposta

Dentro dos Avaliadores

Concordância de Avaliação

Avaliador	Nº de Inspecionados	Nº de Correspondências	Percentual	IC de 95%
A	20	19	95,00	(75,13; 99,87)
B	20	16	80,00	(56,34; 94,27)
C	20	19	95,00	(75,13; 99,87)

Nº de Concordâncias: O avaliador concorda com os ensaios.

Repetibilidade

Cada Avaliador versus Padrão

Concordância de Avaliação

Avaliador	Nº de Inspecionados	Nº de Correspondências	Percentual	IC de 95%
A	20	18	90,00	(68,30; 98,77)
B	20	13	65,00	(40,78; 84,61)
C	20	16	80,00	(56,34; 94,27)

Nº de Correspondências: A avaliação do avaliador ao longo dos ensaios concorda com o padrão conhecido.

Concordância Individual

❖ Atividade Prática – Topa Tudo

Discordância de Avaliação

Avaliador	Nº de P / D	Percentual	Nº de D / P	Percentual	Nº de Misturados	Percentual
A	0	0,00	1	11,11	1	5,00
B	3	27,27	0	0,00	4	20,00
C	3	27,27	0	0,00	1	5,00

Nº de P / D: Avaliações entre ensaios = P / padrão = D.

Nº de D / P: Avaliações entre ensaios = D / padrão = P.

Nº de Misturados: As avaliações entre ensaios não são idênticas.

Discordâncias

Entre Avaliadores

Concordância de Avaliação

Nº de Inspeccionados	Nº de Correspondências	Percentual	IC de 95%
20	11	55,00	(31,53; 76,94)

Reprodutibilidade

Nº de Correspondências: As avaliações de todos os avaliadores concordam entre si.

Todos os Avaliadores versus Padrão

Concordância de Avaliação

Nº de Inspeccionados	Nº de Correspondências	Percentual	IC de 95%
20	11	55,00	(31,53; 76,94)

Concordância Global

Nº de Correspondências: As avaliações de todos os avaliadores concordam com o padrão conhecido.

❖ *Atividade Prática – Topa Tudo*



- ❑ Utilize os critérios apresentados para responder se o Sistema de Medição da Voitto Topa Tudo é aceitável. Explique quais critérios falharam.

Não é aceitável.

- Supervisor A possui concordância individual ACEITÁVEL, mas alarme falso é INACEITÁVEL.
- Supervisor B possui concordância individual INACEITÁVEL, além da classificação errada também ser inaceitável.
- Supervisor C possui classificação individual MARGINAL, além da classificação errada também ser inaceitável.



Módulo 3

DMAIC: Fase Medição

- Lição 1: Fase de Medição;*
- Lição 2: Mapa de Processo;*
- Lição 3: Espinha de Peixe;*
- Lição 4: Matriz Causa e Efeito;*
- Lição 5: Matriz Esforço x Impacto;*
- Lição 6: Conceitos de Estatística e Probabilidade;*
- Lição 7: Amostragem;*
- Lição 8: Introdução ao Minitab 18;*
- Lição 9: Estatística Descritiva;*



Módulo 3

DMAIC: Fase Medição

- Lição 10: Principais Distribuições de Probabilidade;*
- Lição 11: Distribuição Normal e Teste de Normalidade;*
- Lição 12: Gráficos Básicos;*
- Lição 13: Cartas de Controle;*
- Lição 14: Capabilidade do Processo;*
- Lição 15: Análise do Sistema de Medição (dados contínuos);*
- Lição 16: Análise do Sistema de Medição (dados discretos);*
- Lição 17: Dinâmica dos carrinhos;***
- Consolidação do Conhecimento.*

Dinâmica dos Carrinhos

- ❑ Considere um estudo para avaliação de um sistema de medição por atributos em uma empresa que fabrica brinquedos.

AVALIANDO A INSPEÇÃO DE QUALIDADE DA FÁBRICA DE BRINQUEDOS

- ❑ Serão avaliadas doze unidades de carrinhos selecionados aleatoriamente na linha de produção e previamente classificados por um especialista como perfeitos ou defeituosos.
- ❑ O grupo será formado por três avaliadores e um coordenador (responsável pela aleatorização dos itens e pelo registro das classificações).

❖ *Dinâmica dos Carrinhos*

- As unidades do produto deverão ser avaliadas da seguinte forma:
 1. O coordenador deverá numerar todas as unidades do produto de 1 a 12.
 2. O coordenador deverá sortear a ordem na qual as unidades do produto serão avaliadas.
 3. O primeiro avaliador deverá inspecionar as 12 unidades do produto em ordem aleatória e informar os resultados ao coordenador.
 4. O coordenador deverá registrar os dados no Minitab.
 5. As etapas 2 a 4 deverão ser repetidas para o segundo e o terceiro avaliadores.
 6. Repetir tudo mais duas vezes para que os avaliadores consigam avaliar cada carrinho 3 vezes.

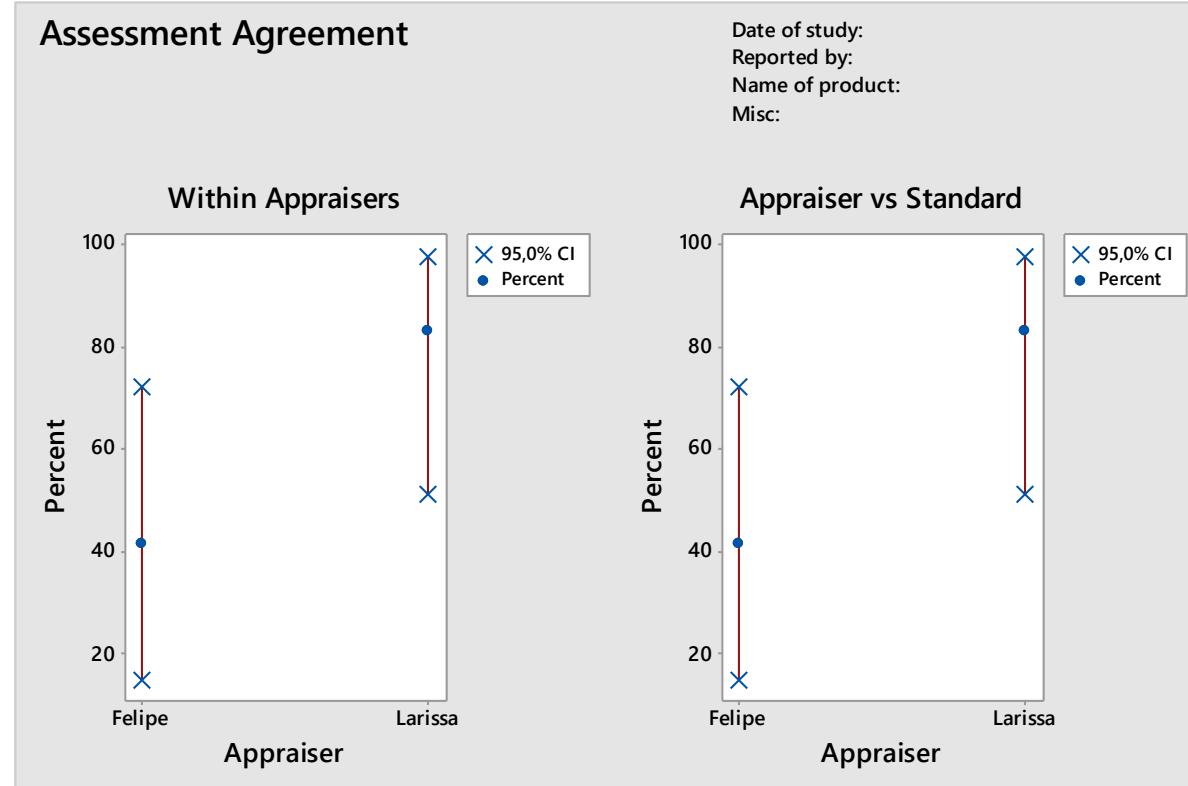
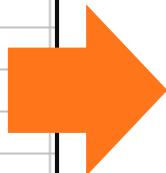
❖ *Dinâmica dos Carrinhos*

□ **Algumas orientações importantes:**

- ❑ Um avaliador não deverá ter contato com o outro avaliador durante o estudo.
- ❑ O avaliador deve utilizar os procedimentos habitualmente empregados pela empresa para fazer as inspeções.
- ❑ O avaliador não deverá ter contato com o registro das avaliações anteriores.

Resultados

	C1	C2-T	C3-T	C4-T
	Carrinhos	Avaliadores	Respostas	Padrão
1	1	Larissa	D	D
2	1	Larissa	D	D
3	1	Larissa	D	D
4	1	Felipe	P	D
5	1	Felipe	P	D
6	1	Felipe	D	D
7	2	Larissa	D	P
8	2	Larissa	P	P
9	2	Larissa	P	P
10	2	Felipe	P	P
11	2	Felipe	D	P
12	2	Felipe	P	P
13	3	Larissa	D	D
14	3	Larissa	D	D
15	3	Larissa	D	D
16	3	Felipe	P	D
17	3	Felipe	D	D
18	3	Felipe	P	D
19	4	Larissa	P	P
20	4	Larissa	P	P
21	4	Larissa	P	P



Resultados

Attribute Agreement Analysis for Respostas

Within Appraisers

Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
Felipe	12	5	41,67	(15,17; 72,33)
Larissa	12	10	83,33	(51,59; 97,91)

Matched: Appraiser agrees with him/herself across trials.

Each Appraiser vs Standard

Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
Felipe	12	5	41,67	(15,17; 72,33)
Larissa	12	10	83,33	(51,59; 97,91)

Matched: Appraiser's assessment across trials agrees with the known standard.

Assessment Disagreement

Appraiser	# P / D	Percent	# D / P	Percent	# Mixed	Percent
Felipe	0	0,00	0	0,00	7	58,33
Larissa	0	0,00	0	0,00	2	16,67

Between Appraisers

Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
12	4	33,33	(9,92; 65,11)

Matched: All appraisers' assessments agree with each other.

All Appraisers vs Standard

Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
12	4	33,33	(9,92; 65,11)

Matched: All appraisers' assessments agree with the known standard.



Módulo 3

DMAIC: Fase Medição

- Lição 1: Fase de Medição;*
- Lição 2: Mapa de Processo;*
- Lição 3: Espinha de Peixe;*
- Lição 4: Matriz Causa e Efeito;*
- Lição 5: Matriz Esforço x Impacto;*
- Lição 6: Conceitos de Estatística e Probabilidade;*
- Lição 7: Amostragem;*
- Lição 8: Introdução ao Minitab 18;*
- Lição 9: Estatística Descritiva;*



Módulo 3

DMAIC: Fase Medição

- Lição 10: Principais Distribuições de Probabilidade;*
- Lição 11: Distribuição Normal e Teste de Normalidade;*
- Lição 12: Gráficos Básicos;*
- Lição 13: Cartas de Controle;*
- Lição 14: Capabilidade do Processo;*
- Lição 15: Análise do Sistema de Medição (dados contínuos);*
- Lição 16: Análise do Sistema de Medição (dados discretos);*
- Lição 17: Dinâmica dos carrinhos;*
- Consolidando o Conhecimento.***

❖ ***Exercícios de Fixação – Módulo 3***



1. Sobre a capacidade do processo, podemos afirmar que:
 - a) Somente podemos avaliar a capacidade de um processo com os índices Cp e Cpk quando este é Normal e estável.
 - b) Quando $Cp > 1,33$ e $Cpk < 1$, podemos afirmar que o processo é Capaz.
 - c) Um processo com $Cp = Cpk = 1,5$ possui variabilidade alta, mas está centrado.

2. As ferramentas amplamente utilizadas na fase Medição são:
 - a) Espinha de Peixe, SIPOC e Matriz Causa e Efeito.
 - b) Mapa de Processo, Pareto e Espinha de Peixe.
 - c) Espinha de Peixe, Voz do Cliente e Mapa de Processo.

❖ ***Exercícios de Fixação – Módulo 3***



3. Qual é a ordem correta das fases do método DMAIC?
- a) Definir o problema, analisar as causas do problema, melhorar através de um plano de ação, medir os novos resultados, controlar a melhoria feita.
 - b) Definir o problema, avaliar estado atual do processo e a base de dados, analisar as causas prioritárias com mais profundidade, propor melhorias e controlar a situação.
 - c) Definir o problema, resolver o problema, avaliar o processo, avaliar as causas, controlar a situação e ajustar se necessário.
4. Que gráfico podemos utilizar para comparar performances ao longo do tempo?
- a) Gráfico de Séries Temporais
 - b) Pareto
 - c) Boxplot

❖ ***Exercícios de Fixação – Módulo 3***



5. Qual alternativa está errada?

- a) Um Sistema de Medição aceitável é preciso e acurado.
- b) Um Sistema de Medição aceitável possui grande precisão e vício.
- c) Um Sistema de Medição inaceitável possui vício e não é acurado.

6. Sobre a Avaliação de Sistemas de Medição, podemos dizer:

- a) Um único operador que consegue fazer a medição de uma mesma peça repetidas vezes, pode demonstrar boa reproduzibilidade.
- b) Um grupo de operadores que fazem a medição de uma mesma peça repetidas vezes, pode demonstrar boa reproduzibilidade.
- c) Um equipamento adequado para fazer uma medição possui bom discernimento.

❖ ***Exercícios de Fixação – Módulo 3***



7. Existe a suspeita de que o processo de fabricação de tubos de aço possui variabilidade devido ao Sistema de Medição, com comportamento diferente entre os três turnos de produção. Qual o critério utilizamos para identificar que o equipamento de medição possui discriminação adequada?

- a) Número de categorias < 4.
- b) Número de categorias = 5.
- c) Número de categorias ≥ 4 .

8. No Minitab, quando avaliamos o Sistema de Medição, qual ferramenta gráfica é utilizada para demonstrar o conceito de reprodutibilidade?

- a) Histograma.
- b) Box Plot.
- c) Carta R.

❖ *Exercícios de Fixação – Módulo 3*



Gabarito:

- 1) A
- 2) B
- 3) B
- 4) A
- 5) B
- 6) B
- 7) C
- 8) B



Módulo 4

DMAIC: Fase Análise

- Lição 1: Revisando as etapas do projeto; Definição e Medição;***
- Lição 2: Descrição da Fase Análise;***
- Lição 3: FMEA;***
- Lição 4: Mapa de Análise Estatística;***
- Lição 5: Correlação e Diagrama de Dispersão;***



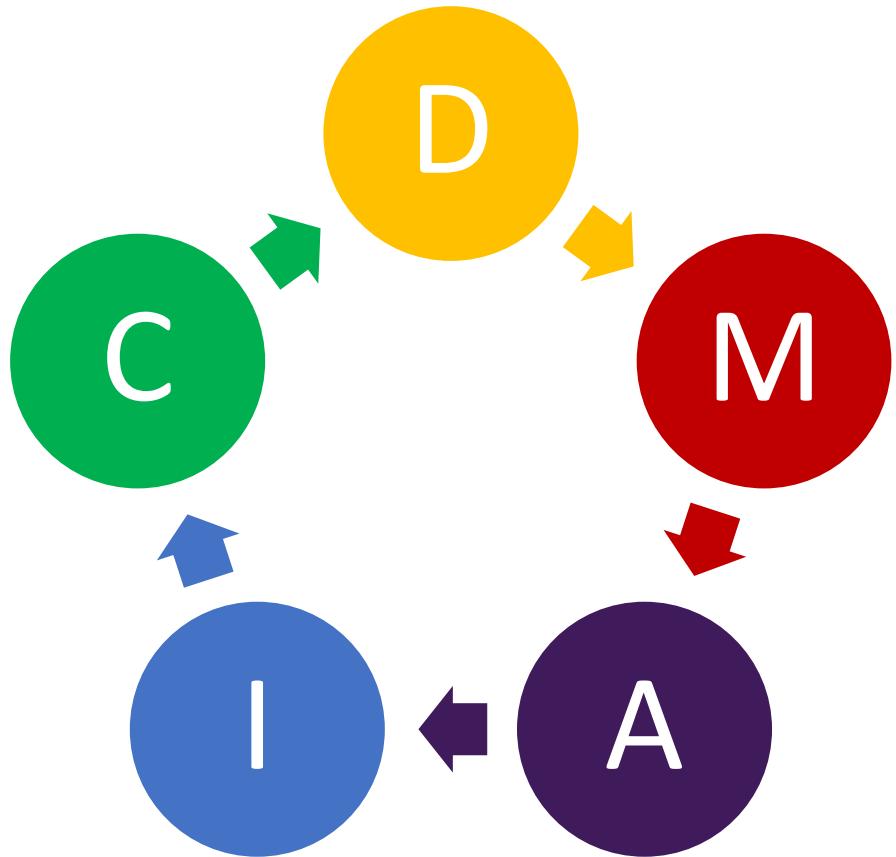
Módulo 4

DMAIC: Fase Análise

- Lição 6: Regressão Linear Simples;*
- Lição 7: Teste de Hipóteses;*
- Lição 8: ANOVA – Análise de Variância;*
- Lição 9: Cartas Multi-Vari;*
- Lição 10: Teste do Qui-Quadrado;*
- Consolidando o Conhecimento.*



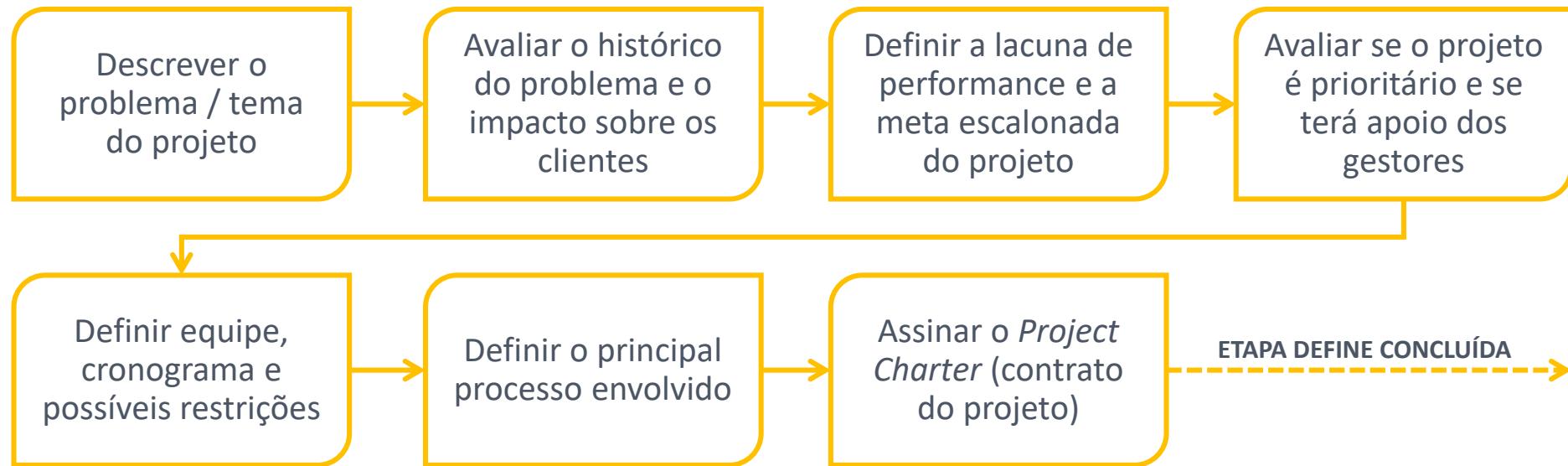
❖ *Revisando as etapas do projeto*



- **DEFINE – Etapa de Definição**
 - Definir com precisão o escopo do projeto.
- **MEASURE – Etapa de Medição**
 - Determinar o foco do problema, analisar o processo e definir as causas potenciais.
- **ANALYZE – Etapa de Análise**
 - Comprovar as causas com fatos e dados.
- **IMPROVE – Etapa de Melhoria**
 - Propor, avaliar e implementar soluções.
- **CONTROL – Etapa de Controle**
 - Garantir que o alcance da meta seja mantido no longo prazo.

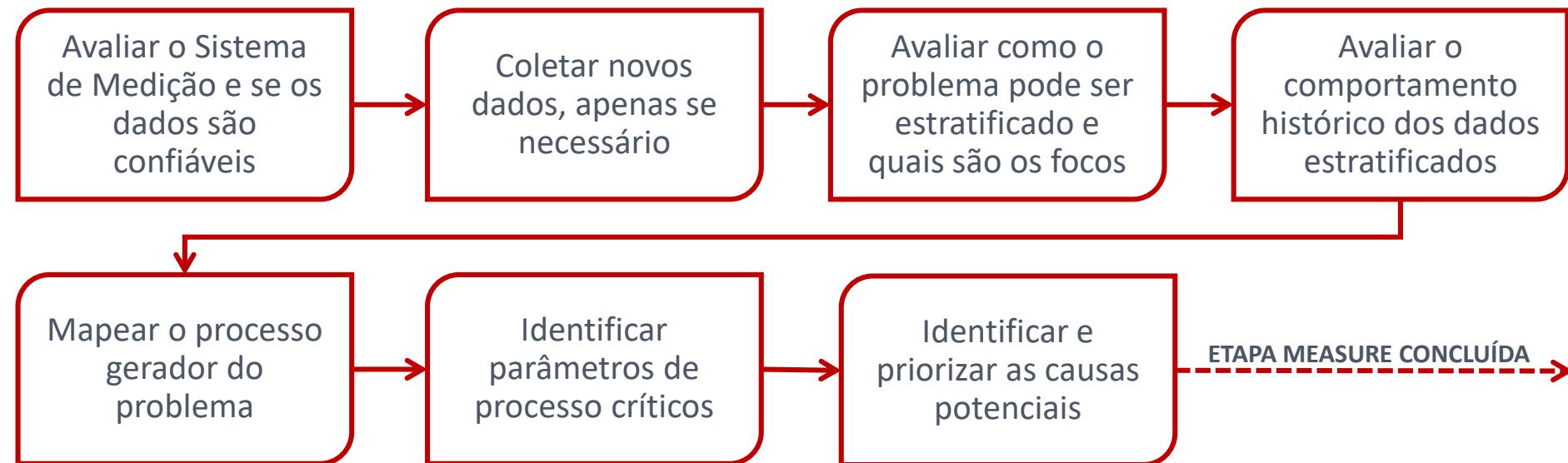


❖ *Revisando as etapas do projeto*





❖ *Revisando as etapas do projeto*





Módulo 4

DMAIC: Fase Análise

- Lição 1: Revisando as etapas do projeto: Definição e Medição;*
- Lição 2: Descrição da Fase Análise;***
- Lição 3: FMEA;*
- Lição 4: Mapa de Análise Estatística;*
- Lição 5: Correlação e Diagrama de Dispersão;*



Módulo 4

DMAIC: Fase Análise

- Lição 6: Regressão Linear Simples;*
- Lição 7: Teste de Hipóteses;*
- Lição 8: ANOVA – Análise de Variância;*
- Lição 9: Cartas Multi-Vari;*
- Lição 10: Teste do Qui-Quadrado;*
- Consolidando o Conhecimento.*



❖ *Fase de Análise*

Objetivo:

Identificar as causas raiz (X's vitais) que afetam o processo de forma significativa e geram variabilidade no resultado de interesse (variável Y). Comprova-las, com fatos e dados, utilizando fatos (registros), gráficos, análise estatística e ferramentas qualitativas (análise de risco).

Perguntas de orientação:

- Quais são as variáveis X prioritárias (X's vitais) que devemos atacar para melhorar o resultado de interesse (variabilidade do processo)?
- Quais são as causas raiz (X's vitais) que podemos identificar e comprovar com fatos e dados?
- Como podemos fazer essa comprovação com ajuda de ferramentas?

❖ *Fase de Análise*



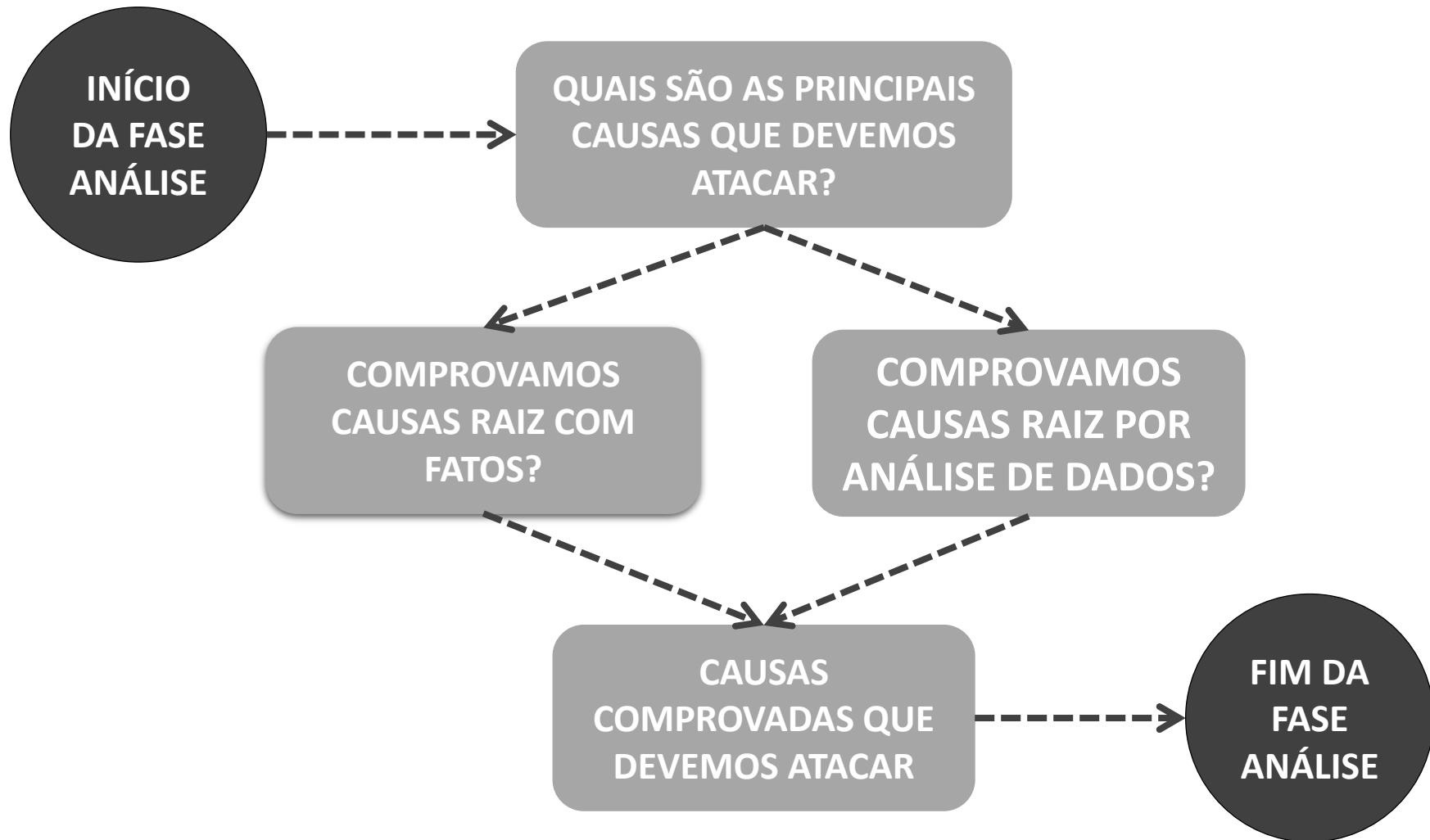
Tempo estimado: 2 a 4 semanas.

Ferramentas:

FMEA, Diagrama de Dispersão, Correlação, Regressão Linear, Testes de Hipóteses, Análise de Variância (ANOVA), Estudos Multi-Vari e Teste Qui-Quadrado.



❖ Fase de Análise





Módulo 4

DMAIC: Fase Análise

- Lição 1: Revisando as etapas do projeto: Definição e Medição;*
- Lição 2: Descrição da Fase Análise;*
- Lição 3: FMEA;***
- Lição 4: Mapa de Análise Estatística;*
- Lição 5: Correlação e Diagrama de Dispersão;*



Módulo 4

DMAIC: Fase Análise

- Lição 6: Regressão Linear Simples;*
- Lição 7: Teste de Hipóteses;*
- Lição 8: ANOVA – Análise de Variância;*
- Lição 9: Cartas Multi-Vari;*
- Lição 10: Teste do Qui-Quadrado;*
- Consolidando o Conhecimento.*

❖ *FMEA – Failure Mode and Effect Analysis*



O **FMEA** (Análise de Modos de Falhas e seus Efeitos) é uma ferramenta que tem como objetivo identificar, hierarquizar e prevenir as falhas em potencial de um produto ou processo.

Ao utilizar o FMEA identificamos potenciais falhas ou deficiências em produtos e processos. Portanto, é uma ferramenta que ajuda aumentar a confiabilidade e facilitar a rastreabilidade das ações necessárias para a mitigação dos riscos.

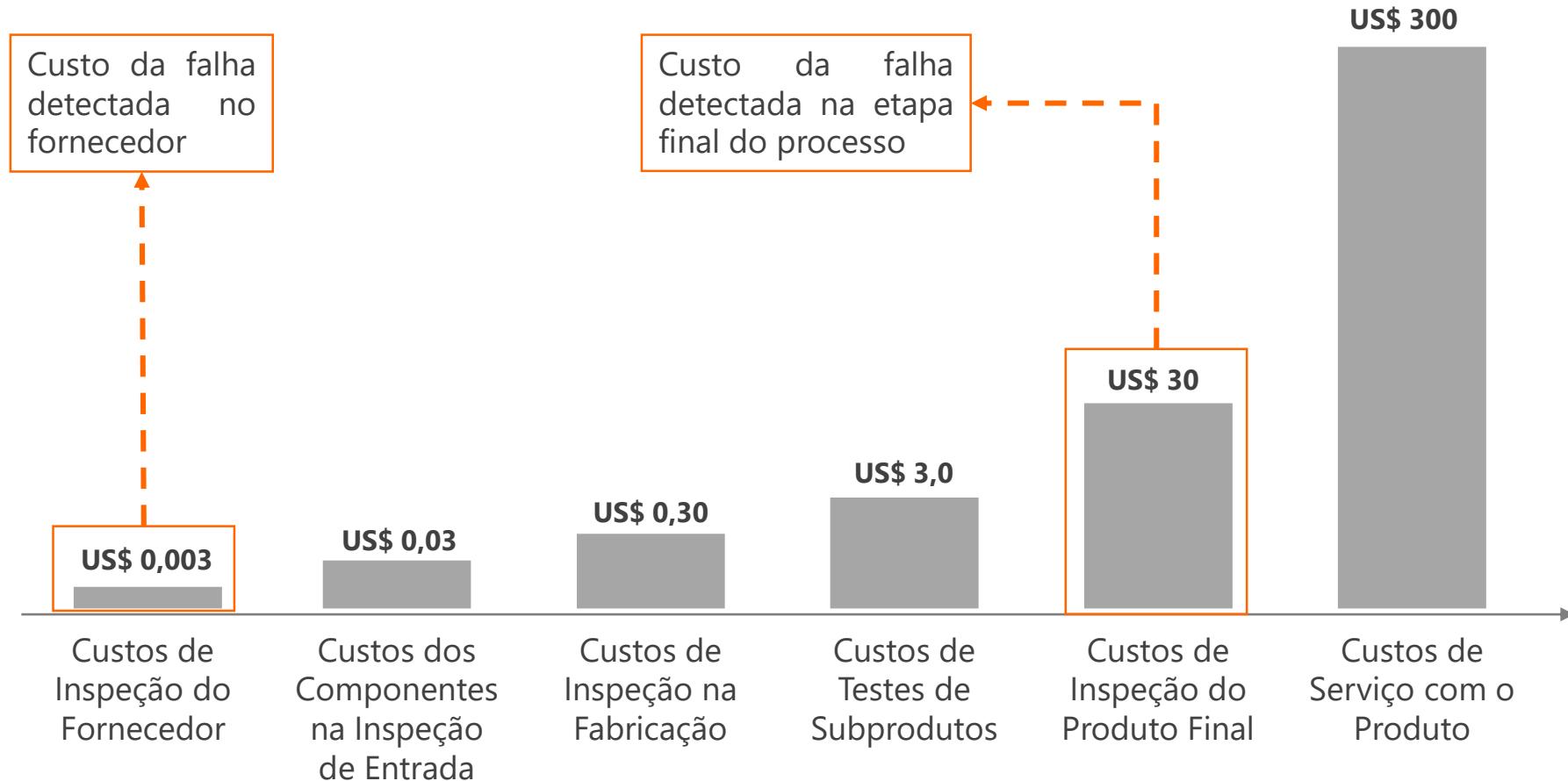


Percebe-se o desenvolvimento do FMEA inicialmente na década de 60, com o objetivo de reduzir custos com atrasos, erros e retrabalhos no desenvolvimento de novos produtos e tecnologia na **indústria aeroespacial**. O foco era identificar os riscos de maior criticidade e trabalhar de forma preventiva.



Com o tempo, outras áreas industriais começaram a utilizar o FMEA, principalmente a **indústria automotiva**. Atualmente o FMEA é utilizado, até mesmo, para a análise de risco em produtos e processos já existentes, inclusive em processos administrativos.

❖ Por que utilizar o FMEA?



Fonte: Westonlson, gerente de controle da qualidade e de sistemas de confiabilidade da General Eletric Co. Reproduzida com permissão da editora, "How to Gain the Competitive Edge: Improving Product Quality Through Continuous Feedback", por Robert E. Cole.



❖ *Por que utilizar o FMEA?*

No Lean Seis Sigma, os motivos para a utilização do FMEA são:

- Identificar as potenciais falhas e deficiências de um produto ou processo;
- Ser capaz de quantificar a severidade do efeito das falhas;
- Identificar as causas das falhas e deficiências e quantificar sua frequência;
- Trabalhar de forma preventiva e focar na eliminação dos problemas potenciais;
- Facilitar a documentação e rastreabilidade das ações.

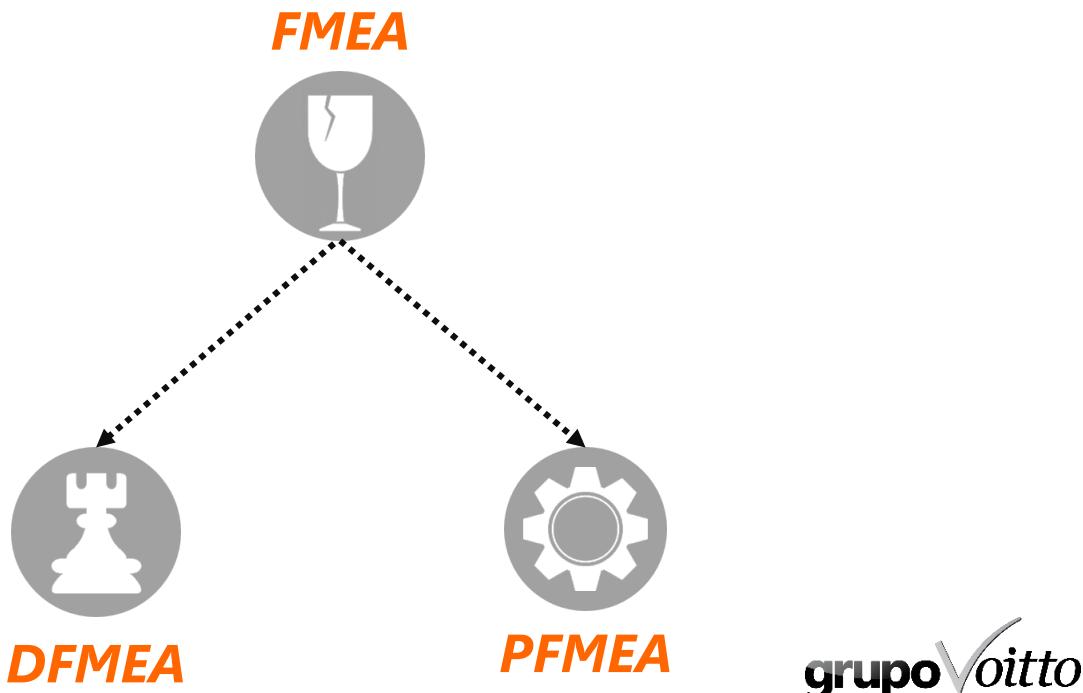
POSTURA PREVENTIVA vs. POSTURA REATIVA



❖ DFMEA & PFMEA

Existem **diferenças** na aplicação do FMEA quando estamos avaliando **processos e produtos**. O foco do Lean Seis Sigma normalmente é maior no PFMEA, já que a metodologia contempla projetos com foco na melhoria de processos já existentes.

- PFMEA (*Process Failure Mode & Effect Analysis*);
- DFMEA (*Design Failure Mode & Effect Analysis*).



❖ PFMEA



Utilizamos o PFMEA (*Process Failure Mode & Effect Analysis*) quando estamos avaliando um **processo** e seus riscos. O objetivo pode ser tanto avaliar os riscos na implantação de um processo novo, quanto na avaliação de riscos em processos já existentes.

O foco é utilizar o PFMEA como um método estruturado para **identificar a maneira pela qual um processo pode falhar** em satisfazer os requisitos críticos dos clientes, além de:

- Estimar os riscos associados às causas das falhas potenciais;
- Avaliar o plano de controle atual para aprimorar o sistema de detecção;
- Priorizar as ações que devem ser tomadas para melhorar o processo.

Os 12 passos para a construção do FMEA:

1. Identificar o processo e descrever sua função e requisitos;
2. Levantar todos os modos de falha potencial;
3. Listar todos os efeitos das falhas potenciais;
4. Determinar o nível de severidade de cada efeito;
5. Listar as causas potenciais de cada modo de falha;
6. Determinar o nível de ocorrência das causas;
7. Listar os controles atuais do processo;
8. Determinar o nível de detecção das causas pelos controles atuais;
9. Calcular o RPN;
10. Desenvolver o Plano de Ação;
11. Tomar ações efetivas;
12. Calcular o novo RPN.



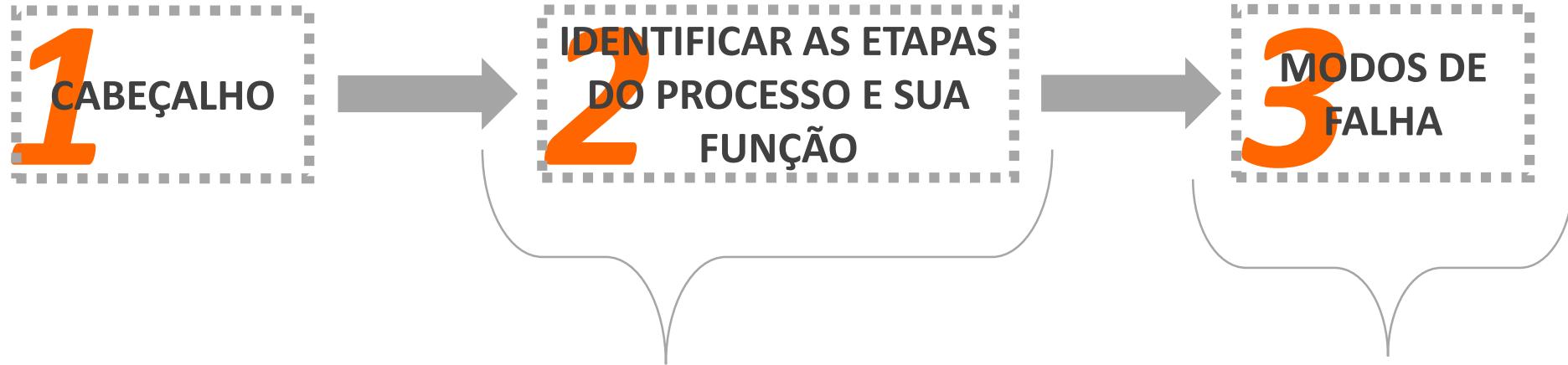
A empresa **Lojas Vale Tudo** é uma empresa que atua na área de serviços com mais de 200 lojas no Brasil e 5.000 funcionários em sua folha de pagamento. Atualmente a empresa está em seu segundo ano no Programa Lean Seis Sigma e percebeu que o índice de certificação de Green Belts é muito baixo, cerca de 65% contra um valor esperado de 90%.

O Black Belt, líder do projeto, já finalizou as etapas de Definição e Medição do método DMAIC e está iniciando as comprovações das causas raiz do problema. O primeiro método que será utilizado é a identificação dos modos de falha do processo de certificação de Green Belts da empresa e a quantificação das causas dos modos de falha através de um PFMEA.





❖ Processo de Utilização do FMEA



- Podemos utilizar o Mapa de Processo como base para identificar as etapas do processo.
- Cada etapa do processo será um item do FMEA e terá sua função descrita. A função define o papel que uma etapa da processo deve cumprir e quais os requisitos devem ser atendidos.
- Os modos de falhas são os erros que podem ser cometidos na etapa do processo. De que modo o processo pode falhar em cumprir sua função total ou parcialmente?



❖ Processo de Utilização do FMEA

1

FMEA de Processo			
Empresa: Lojas Vale Tudo	Responsável: João Silva	Grupo de trabalho:	Data: março/2015
Realizado por: José Bretas		Flávio Oliveira, Jaime Silveira, José Bretas e João Silva	
Processo: Certificação de Green Belts	Revisado por: João Silva		Versão: V1

2

ETAPAS DO PROCESSO	FUNÇÃO/REQUISITOS	MODO DE FALHAS
Convocar candidatos para treinamento	Identificar e convocar por e-mail os candidatos considerados Ideais para participar do treinamento para formação de Green Belts	O candidato não recebeu o e-mail O candidato abriu o e-mail apenas no dia do treinamento O candidato convoca do não possui o perfil adequado para o treinamento
Realizar treinamento para a formação de Green Belts	Capacitar os candidatos na metodologia Lean Sels Sigma, no método DMAIC e nas ferramentas estatísticas utilizadas por Green Belts	O conteúdo programado não foi todo repassado durante o treinamento Alguns participantes não conseguiram tirar média nas provas aplicadas durante o treinamento
Conduzir e concluir um projeto Lean Sels	Concluir um projeto de melhoria utilizando a	---
Certificar os candidatos a Green	Pontuar o projeto de cada candidato com base em	---

3



❖ Processo de Utilização do FMEA



- O efeito é a consequência do modo de falha. É a forma como o processo é impactado e como reflete no cliente.
- A severidade reflete a gravidade do efeito na percepção do cliente. Como impactou o cliente?
- As causas geram o aparecimento do modo de falha. São a origem da variabilidade associada às principais variáveis de entrada (X's).

❖ Processo de Utilização do FMEA



4 5 6

ETAPAS DO PROCESSO	FUNÇÃO/REQUISITOS	MODO DE FALHAS	EFEITO	Severidade	CAUSA
Convocar candidatos para treinamento	Identificar e convocar por e-mail os candidatos considerados ideais para participar do treinamento para formação de Green Belts	O candidato não recebeu o e-mail	O candidato não participa do treinamento	10	Endereço de e-mail digitado errado
		O candidato abriu o e-mail apenas no dia do treinamento	O candidato falta um ou mais dias de treinamento	4	O candidato recebe uma quantidade muito grande de e-mails todo dia
		O candidato convocado não possui o perfil adequado para o treinamento	O candidato não consegue tirar média nas provas aplicadas durante o treinamento	7	O responsável pela seleção dos candidatos não faz uma avaliação de perfil
Realizar treinamento para a formação de Green Belts	Capacitar os candidatos na metodologia Lean Seis Sigma, no método DMAIC e nas ferramentas estatísticas utilizadas por Green Belts	O conteúdo programado não foi todo repassado durante o treinamento	Os participantes não aprenderam todas as ferramentas que podem utilizar nos projetos	4	O tempo gasto no conteúdo estatístico foi maior que o previsto
		Alguns participantes não conseguiram tirar média nas provas aplicadas durante o treinamento	O participante não pode dar continuidade ao processo e iniciar o seu projeto Lean Seis Sigma	10	O conteúdo do treinamento é extenso e alguns participantes não possuem tempo para revisar o material
Conduzir e concluir um projeto Lean Seis	Concluir um projeto de melhoria utilizando a
Certificar os candidatos a Green	Pontuar o projeto de cada candidato com base em

❖ Processo de Utilização do FMEA



- A ocorrência quantifica a probabilidade da causa ocorrer. Define se a causa é muito ou pouco frequente.
- Os controles atuais objetivam prevenir a ocorrência de falhas ou detectar falhas já ocorridas e impedir que cheguem ao cliente.
- A Detecção avalia a probabilidade da falha ser detectada antes que chegue ao cliente. É a capacidade do controle em detectar a falha e sua causa.



❖ Processo de Utilização do FMEA

7 8 9

CAUSA	Ocorrência	CONTROLES ATUAIS	Detecção	Índice de Risco
Endereço de e-mail digitado errado	1	E-mails cadastrados são corrigidos automaticamente	7	70
O candidato recebe uma quantidade muito grande de e-mails todo dia	7	Não há controle implementado	10	280
O responsável pela seleção dos candidatos não faz uma avaliação de perfil	10	Avaliação subjetiva do professor durante o treinamento	7	490
O tempo gasto no conteúdo estatístico foi maior que o previsto	1	Programação com o tempo de cada conteúdo	4	16
O conteúdo do treinamento é extenso e alguns participantes não possuem tempo para revisar o material	7	Não há controle implementado	10	700
...
...



❖ Processo de Utilização do FMEA



- O RPN = Severidade x Ocorrência x Detecção
- Recomenda-se que ações sejam tomadas quando o RPN for maior ou igual a 125 ou se a nota de severidade for maior ou igual a 9.
- Registra-se as ações que devem ser conduzidas para redução do risco.
- Esta parte do FMEA possui características de um plano de ação.
- Após a implantação das ações recomendadas, o índice de risco deve ser recalculado.



❖ Processo de Utilização do FMEA

10

11

12

Índice de Risco	Ação Recomendada	Ação Tomada	Índice (S x O x D)	Responsável	Prazo
70	Definir uma segunda forma de convocação dos candidatos	Implantado o sistema de convocação por Ramal e via sistema intranet	30	José Cabral	nov/15
280	Definir uma segunda forma de convocação do candidato além do e-mail		64		
490	Os candidatos serão escolhidos após se submeterem a uma avaliação de perfil	Avaliação de perfil aplicada pelo RH em todos os indicados	28	Maria Silva	set/15
16	N/A				
700	Compor as turmas com participantes de perfil similar adequar o ritmo do treinamento para cada turma	Treinamentos programados por área ou conhecimento prévio sobre Lean Seis Sigma	120	Ana Maria	set/15
...			
...			



❖ Tabela FMEA

Pontuação	Severidade	Ocorrência	Detecção
1	Mínima – O cliente mal percebe que a falha ocorreu	Remota – Dificilmente ocorre a causa da falha <1PPM	Muito grande – Certamente será detectada
2 ou 3	Pequena – Ligeira Deterioração no desempenho e leve descontentamento do cliente	Pequena – A causa da falha ocorre em pequena escala De 10 a 100 PPM	Grande – A probabilidade de ser detectada é alta
4 ou 5 ou 6	Moderada – Deterioração significativa no desempenho de um sistema com descontentamento do cliente	Moderada – Por vezes ocorre a causa que leva a falha De 500 a 5.000 PPM	Moderada – Provavelmente será detectada
7 ou 8	Alta – O sistema deixa de funcionar e há grande descontentamento do cliente	Alta – A causa de falha com certa frequência De 10.000 a 20.000 PPM	Pequena – Provavelmente não será detectada
9 ou 10	Muito alta – Idêntica a anterior, porém afeta também a segurança	Muito alta – A causa de falha ocorre em vários momentos >50.000 PPM	Muito pequena – Certamente não será detectada



A empresa **Voitto Connect**, uma empresa de outsourcing, treinou uma gerente do RH como Black Belt e determinou que ela deveria conduzir um projeto Lean Seis Sigma. O objetivo é a redução dos erros e desperdícios no processo de aquisição de vale transporte. Como a empresa possui mais de 7.000 atendentes em 5 cidades da região Sudeste, o sucesso deste projeto pode representar uma redução de custos de não qualidade próximo de R\$ 280.000,00 no ano.

Na fase de Análise do método DMAIC, a Black Belt iniciou as análises com um FMEA.

FMEA



ETAPA DO PROCESSO	FUNÇÃO E REQUISITOS	MODO DE FALHA	EFEITO	SEV
Solicitar vale transporte	Para que o usuário possa informar a filial ou Sede os valores e quantidades que necessita de vale transporte	Documentação de solicitação não é entregue para o RH na Sede	Compra de vale transporte não ocorre	8
		Colaborador solicita valores além do necessário	Compra de vale transporte acima da necessidade	6
		Falta de formalização para o RH de transferência de usuário de filial	Compra de vale transporte superior ou inferior à necessidade	7



MODO DE FALHA	EFEITO	SEV	CAUSAS	OCC	CONTROLES ATUAIS	DET	RPN
Documentação de solicitação não é entregue para o RH na Sede	Compra de vale transporte não ocorre	8	Falta de envio pelo responsável na filial/loja	4	Notificação por atraso no envio 24 horas após o prazo	9	288
			Falta de controle do responsável no RH	6	Procedimento manual de controle (planilha)	7	336
			Extravio de malote/ problema no envio do e-mail	4	Reenvio da informação se não receber confirmação em 48 horas	9	288
Colaborador solicita valores além do necessário	Compra de vale transporte acima da necessidade	6	Ausência de sistema que valide necessidades de vale transporte de acordo com endereço residencial	10	Conferência presencial do gestor da filial junto ao seu colaborador	7	420
Falta de formalização para o RH de transferência de usuário de filial	Compra de vale transporte superior ou inferior à necessidade	7	Falta de conhecimento do responsável por informar transferências	4	Procedimentos da empresa disponíveis na intranet	4	112
			Falta de formalização do líder da transferência do colaborador	4	Procedimentos da empresa disponíveis na intranet	6	168
			Sistema não permite lançar movimentações inferiores a 30 dias	10	Travas sistêmicas	3	210

❖ Tarefa Prática - FMEA



Continue o PFMEA da empresa **Topa Tudo** (Processo de certificação de GB), preenchendo o formulário abaixo para a etapa “Conduzir e concluir um projeto Lean Seis Sigma”.

Modo de Falha	Efeito	SEV	Causa	OCC	Controle	DET	RPN

❖ Tarefa Prática – FMEA



FMEA de Processo

ETAPAS DO PROCESSO	FUNÇÃO/REQUISITOS	MODO DE FALHAS	EFEITO	Severidade	CAUSA	Ocorrência	CONTROLES ATUAIS	Detecção	Índice de Risco
Conduzir e concluir um projeto Lean Seis Sigma	Concluir um projeto de melhoria utilizando a metodologia Lean Seis Sigma e o método DMAIC, gerando uma documentação completa do projeto e ganhos tangíveis e intangíveis para a empresa.	Atrasar o cronograma	O projeto é concluído, mas os ganhos financeiros ocorrem com atraso.	5	Falta de comprometimento da equipe.	4	Project Charter	4	80
		Não alcançar a meta	O projeto é concluído, mas os resultados ficam abaixo do esperado.	8	O plano de ação não foi executado plenamente por resistência à mudança	7	Envolvimento do Champion como facilitador do projeto	6	336
		Não utilizar o método DMAIC	O projeto não é concluído e não entrega os resultados prometidos pelo Belt.	10	O Belt não aplicou a metodologia e conduziu o projeto informalmente e sem utilizar sua equipe devidamente.	4	Reuniões de acompanhamento de projetos	4	160



Módulo 4

DMAIC: Fase Análise

- Lição 1: Revisando as etapas do projeto: Definição e Medição;*
- Lição 2: Descrição da Fase Análise;*
- Lição 3: FMEA;*
- Lição 4: Mapa de Análise Estatística;***
- Lição 5: Correlação e Diagrama de Dispersão;*



Módulo 4

DMAIC: Fase Análise

- Lição 6: Regressão Linear Simples;*
- Lição 7: Teste de Hipóteses;*
- Lição 8: ANOVA – Análise de Variância;*
- Lição 9: Cartas Multi-Vari;*
- Lição 10: Teste do Qui-Quadrado;*
- Consolidando o Conhecimento.*



❖ *Mapa de Análise Estatística*

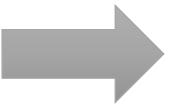
- ❑ Na etapa de Análise do método DMAIC devemos comprovar com fatos e dados a relação entre as causas priorizadas (Xs vitais) e as saídas de interesse do processo (variáveis Y). As ferramentas nos apoiarão nessa comprovação.
- ❑ É possível utilizar as ferramentas já mencionadas para ajudar na comprovação das causas como, por exemplo, Boxplot e o Histograma.
- ❑ Mas o objetivo das próximas lições será apresentar novas ferramentas estatísticas e mais avançadas para facilitar a comprovação das causas.



❖ *Mapa de Análise Estatística*

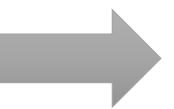
- ❑ Se meu objetivo é correlacionar duas varáveis (x e y) para demonstrar como a alteração na variável X afeta o comportamento da variável Y, então:

VARIÁVEL X E Y
(DADOS CONTÍNUOS)



- Correlação
- Diagrama de Dispersão
- Regressão Linear Simples

VARIÁVEL X E Y (DADOS
DISCRETOS/ATRIBUTOS)

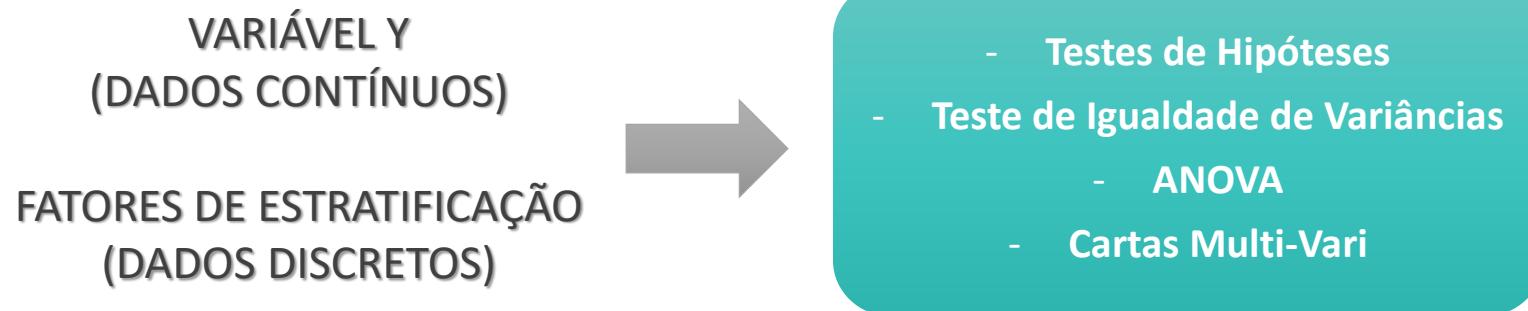


- Teste Qui-Quadrado



❖ *Mapa de Análise Estatística*

- ❑ Se meu objetivo é utilizar uma variável (y) e demonstrar que sua estratificação gera resultados diferentes (fatores de estratificação representam minha causa), então:



❖ ***Atividade Topa Tudo***



Na empresa **Varejo Online Topa Tudo**, um dos maiores problemas atualmente são os erros e os desperdícios no processo de embalagem e expedição dos produtos. Quando um cliente acessa o site da empresa e faz uma compra, o pedido chega à área de embalagem, que deve identificar qual é o melhor tipo de embalagem para a cesta de produtos do pedido do cliente, e rapidamente embalar os produtos para que a transportadora possa entregar-los.

Analizando a base de dados da empresa (Arquivo *Atividade Topa Tudo.MTW*), podemos constatar alguns fatores (variáveis Xs) que são causas que afetam as principais saídas do processo (variáveis Ys).

❖ *Atividade Topa Tudo*



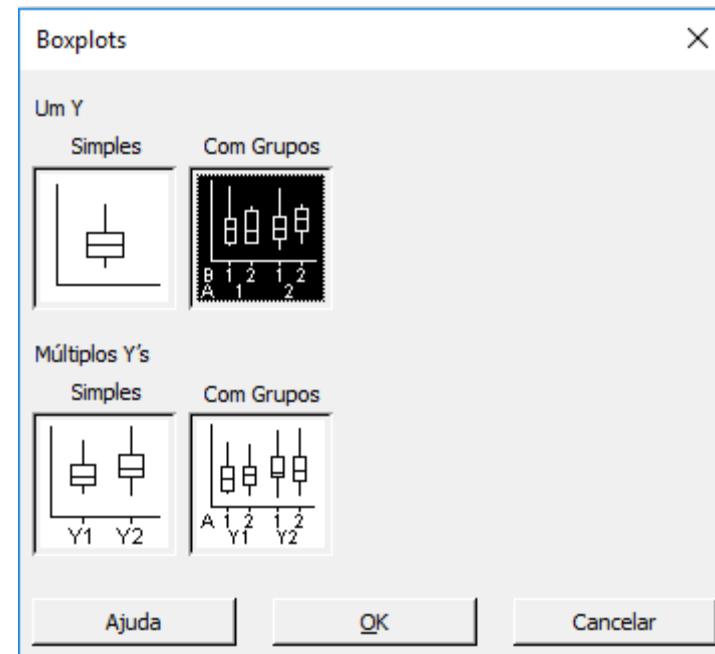
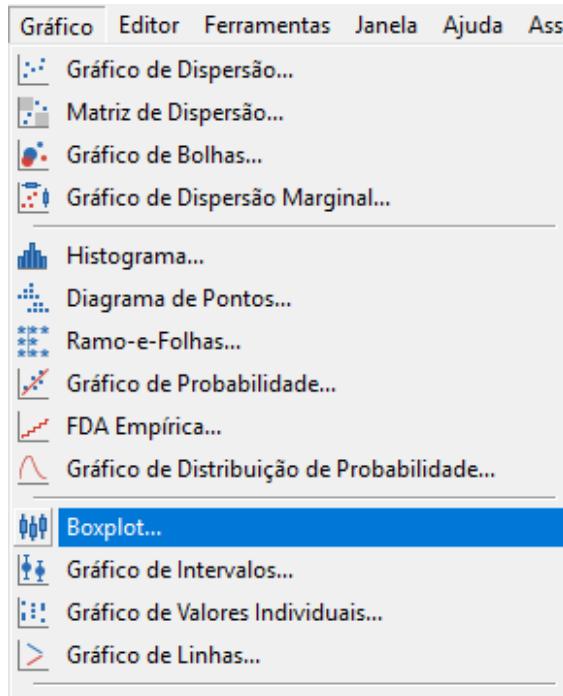
- ❑ Ao analisar o percentual de embalagens defeituosas por Centro de Distribuição é possível comprovar, com fatos e dados, que o Centro de Distribuição é uma causa raiz do problema. **Utilizamos o Boxplot para esta análise.**

- ❑ Faremos a análise no Minitab.

❖ Atividade Topa Tudo



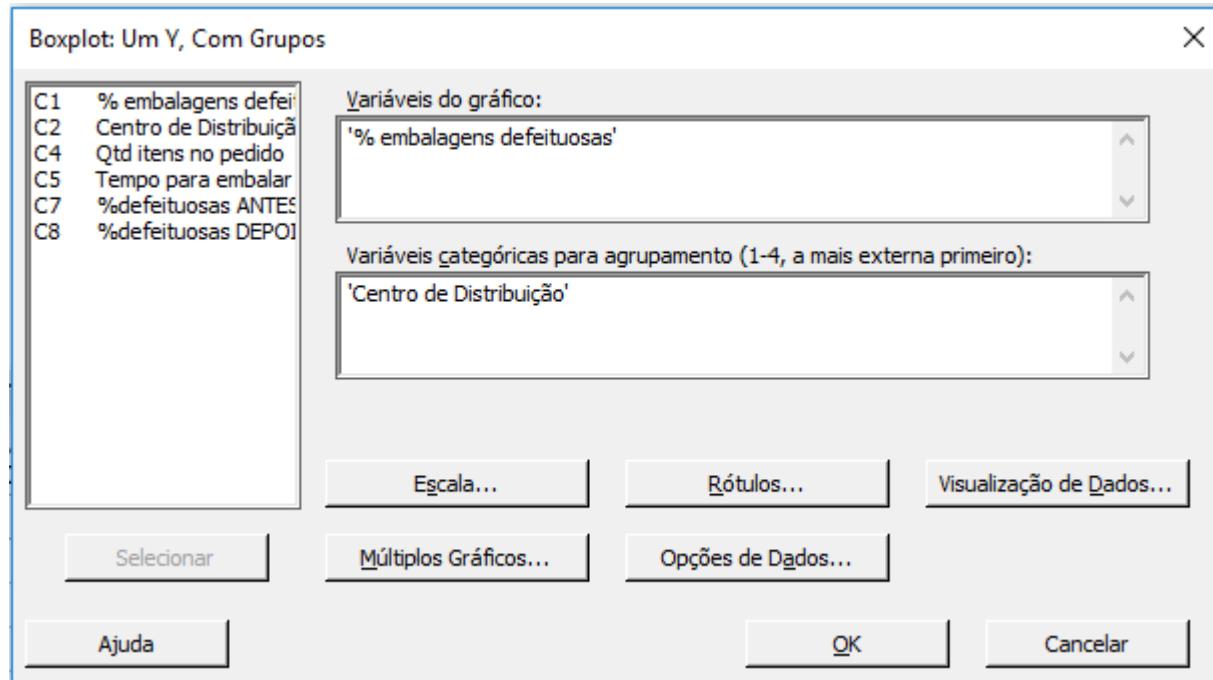
❑ Selecione Gráfico > Boxplot... > Com Grupos > clicar em OK.



❖ Atividade Topa Tudo



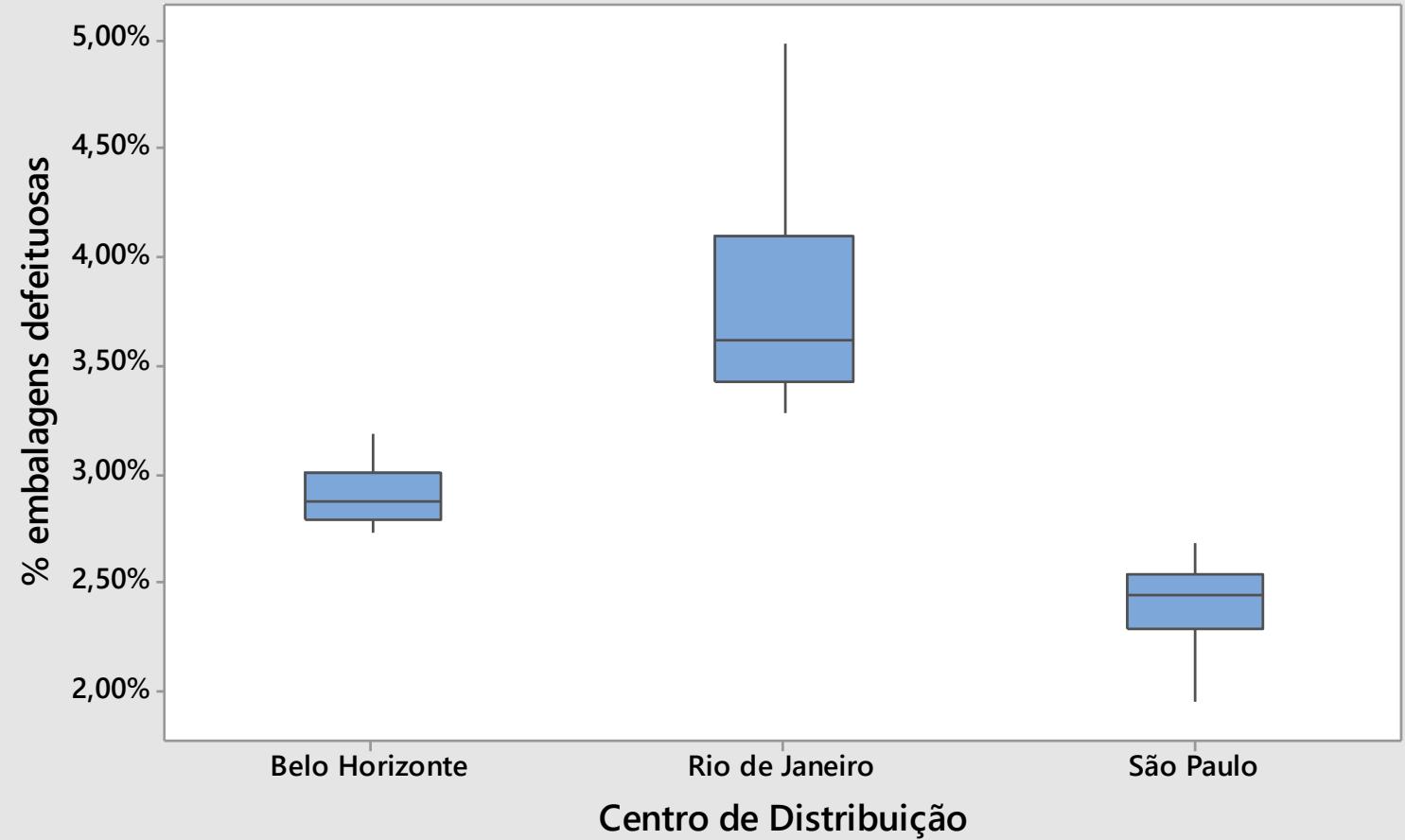
- Selecione a variável % embalagens defeituosas no campo Variáveis do gráfico;
- Selecione a variável Centro de Distribuição no campo Variáveis categóricas > clicar em OK.



❖ Atividade Topa Tudo



Boxplot de % embalagens defeituosas



❖ Atividade Topa Tudo



- É possível determinar a influência de uma causa (Centro de Distribuição) em um resultado de interesse (% embalagens defeituosas) apenas com os gráficos básicos?
- Qual Centro de Distribuição gera maior impacto no problema?

Sim, com o Boxplot podemos observar que o Centro de Distribuição do Rio possui média e desvio padrão acima dos outros dois. Com isso, podemos concluir que o CD Rio impacta o problema de forma mais significativa.



Módulo 4

DMAIC: Fase Análise

- Lição 1: Revisando as etapas do projeto: Definição e Medição;*
- Lição 2: Descrição da Fase Análise;*
- Lição 3: FMEA;*
- Lição 4: Mapa de Análise Estatística;*
- Lição 5: Correlação e Diagrama de Dispersão;***



Módulo 4

DMAIC: Fase Análise

- Lição 6: Regressão Linear Simples;*
- Lição 7: Teste de Hipóteses;*
- Lição 8: ANOVA – Análise de Variância;*
- Lição 9: Cartas Multi-Vari;*
- Lição 10: Teste do Qui-Quadrado;*
- Consolidando o Conhecimento.*



❖ *Correlação e Diagrama de Dispersão*

Exemplos de situações que podemos utilizar a correlação, a regressão e o Diagrama de Dispersão:

- Índice de satisfação pelo tempo de execução de uma atividade;
- Comparação da temperatura impactando o rendimento do produto;
- Análise da temperatura sobre a concentração de ferro no produto final;
- Análise da vazão da corrente de ar impactando o tempo de resfriamento de uma peça;
- Análise do impacto da velocidade de rotação do equipamento sobre a homogeneidade da mistura;
- Análise do número de horas extras afetando os custos de uma área;
- Análise do absenteísmo afetando a produtividade de uma operação.

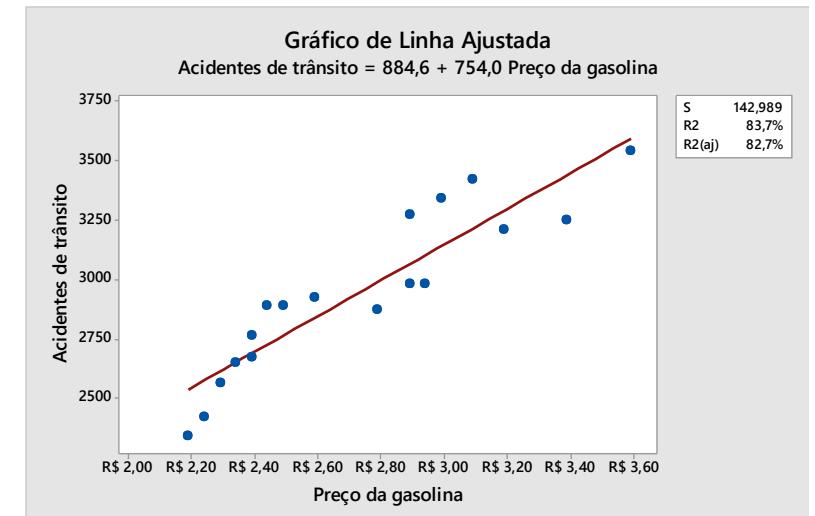


❖ Causalidade x Correlação

- Deve-se sempre ressaltar que uma forte relação matemática (gráfica, numérica) entre duas ou mais variáveis não, necessariamente, significa que uma é causa da outra.

DUAS VARIÁVEIS PODEM ESTAR ALTAMENTE CORRELACIONADAS, MAS UMA NÃO É CAUSA DA OUTRA!!!

Para validarmos a existência da causalidade devemos verificar na prática, conhecendo o processo, se a relação causa e efeito pode acontecer, ou seja, se é fisicamente possível.





❖ **Causalidade x Correlação**

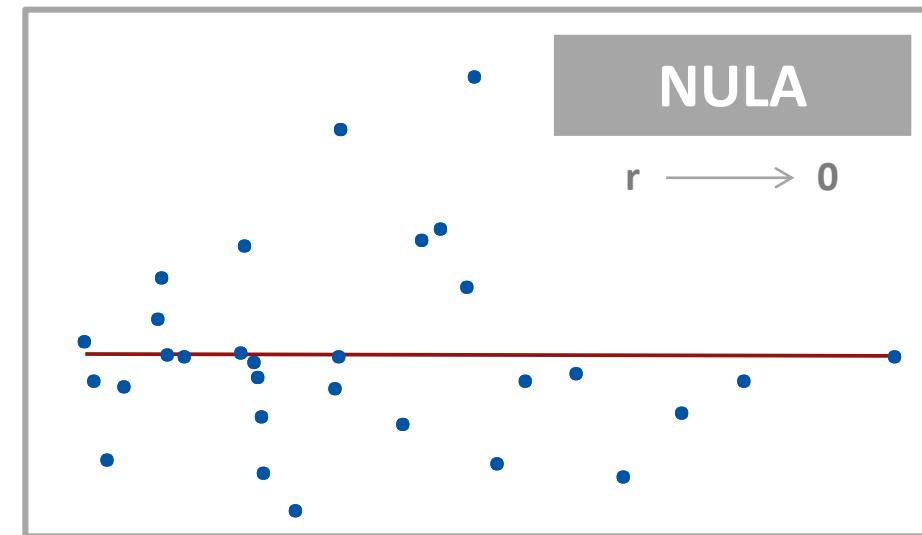
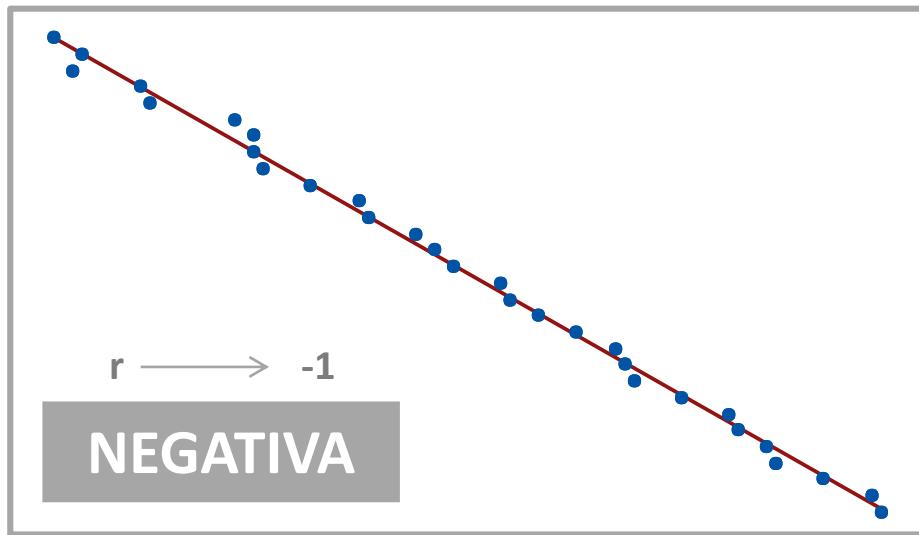
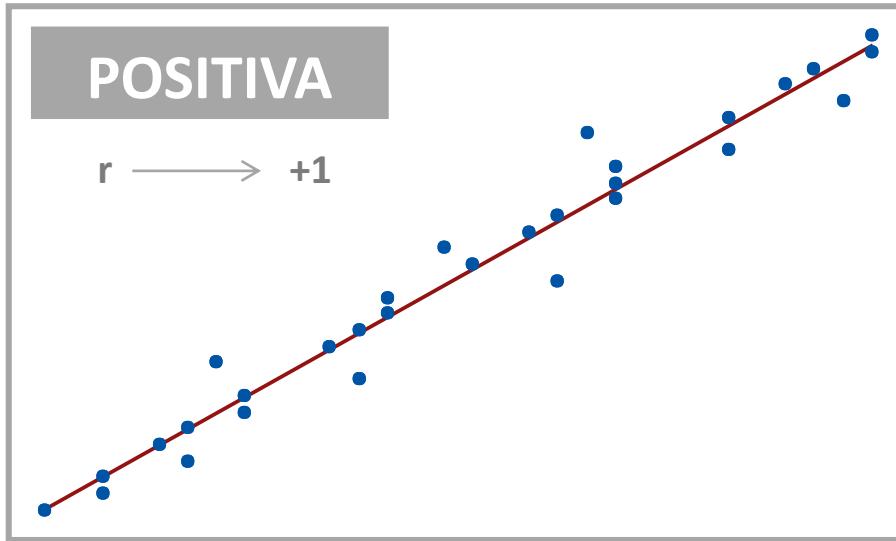
A correlação ocorre quando duas variáveis possuem tendência conjunta e pode ser quantificada através do cálculo do coeficiente de correlação linear (r).

O coeficiente de correlação linear (r) nos ajuda a compreender se a correlação entre duas variáveis existe e qual tipo de correlação temos.

- Quando r próximo de +1 a correlação é positiva;
- Quando r próximo de -1 a correlação é negativa;
- Quando r próximo de 0 não há correlação.

Quanto mais próximo de +1 mais forte é a correlação positiva. Quanto mais próximo de -1 mais forte é a correlação negativa.

❖ Causalidade x Correlação



❖ ***Atividade Voitto Labs***



A **Voitto Labs** é uma empresa de análises clínicas e diagnóstico de imagem com mais de 90 unidades espalhadas por Minas Gerais. O serviço de Análises Clínicas da Voitto Labs oferece um grande mix de exames com diferentes complexidades.

As possibilidades vão desde um simples hemograma até testes de DNA. Os serviços de Diagnóstico por imagem também são diversificados como, por exemplo, a mamografia, radiografia e ressonância magnética.

❖ **Atividade Voitto Labs**



Recentemente a Voitto Labs treinou uma turma de 15 Green Belts, que estão realizando projetos de otimização de processos e redução de custos em diversas áreas da empresa.

Um dos projetos mais relevantes em andamento é o de Consolidação de Tubos. O uso exagerado de tubos no momento da coleta de sangue gera a insatisfação do cliente e um custo desnecessário para a empresa.

O objetivo do projeto é avaliar o índice de consolidação e otimizar esse indicador.

$$\text{índice de consolidação} = \frac{\text{exames processados}}{\text{qtd. tubos coletados}}$$

❖ ***Atividade Voitto Labs***



Abra o arquivo “*Voitto Labs 3.MTW*”.

Vamos avaliar se existe uma correlação entre o índice de consolidação e o %exames de rotina. A base de dados contempla valores mensais dos indicadores.

❖ Atividade Voitto Labs



- ❑ Selecione Stat > Estatística Básica > Correlação...

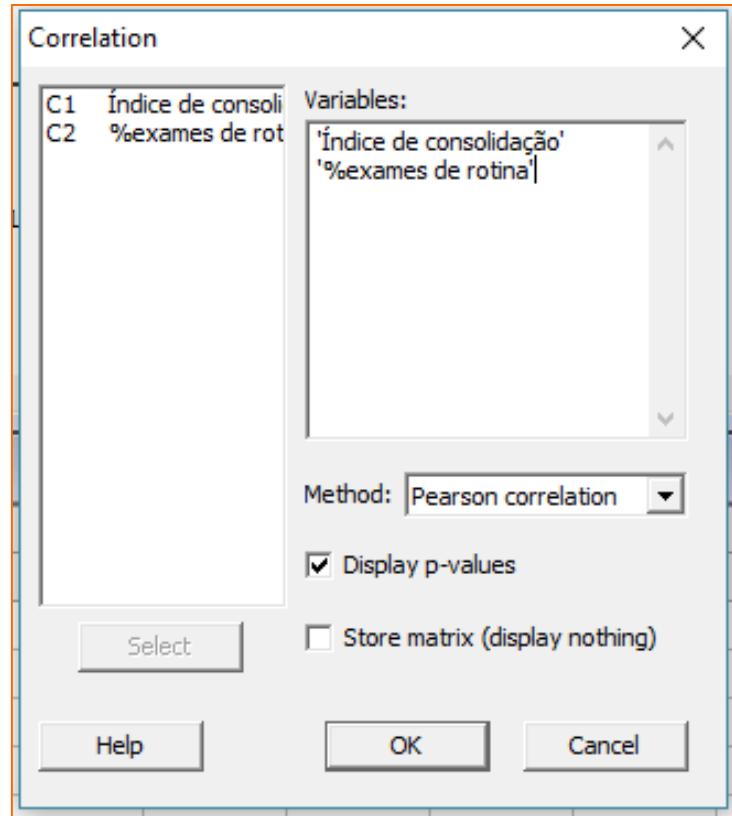
The screenshot shows the Minitab software interface. The menu bar at the top includes: Estat, Gráfico, Editor, Ferramentas, Janela, Ajuda, and Assistente. The 'Estatísticas Básicas' option is highlighted in blue. A dropdown menu is open under 'Estatísticas Básicas', listing various statistical tests. The 'Correlação...' option is highlighted with a blue selection bar. Below the menu, there is a small table with columns labeled C2-T, C3, and Qtd ite. The first row contains the text 'Centro de Distribuição'. The second row contains '% Belo Horizonte'. The third row contains '% Rio de Janeiro'.

- Exibição de Estatísticas Descritivas...
- Armazenamento de Estatísticas Descritivas...
- Sumário Gráfico...
- Teste Z para 1 Amostra...
- Teste t para 1 Amostra...
- Teste t para 2 Amostras...
- Teste t pareado...
- Teste para 1 Proporção...
- Teste para 2 Proporções...
- Teste da Taxa de Poisson para 1 Amostra...
- Teste da Taxa de Poisson para 2 Amostras...
- Teste para 1 Variância...
- Teste para 2 Variâncias...
- Correlação...**
- Covariância...
- Teste de Normalidade...
- Teste de Outlier...
- Teste de Qualidade de Ajuste para Poisson...

❖ Atividade Voitto Labs



- ❑ Selecione no campo Variáveis o Índice de consolidação e %exames de rotina > clicar em OK.



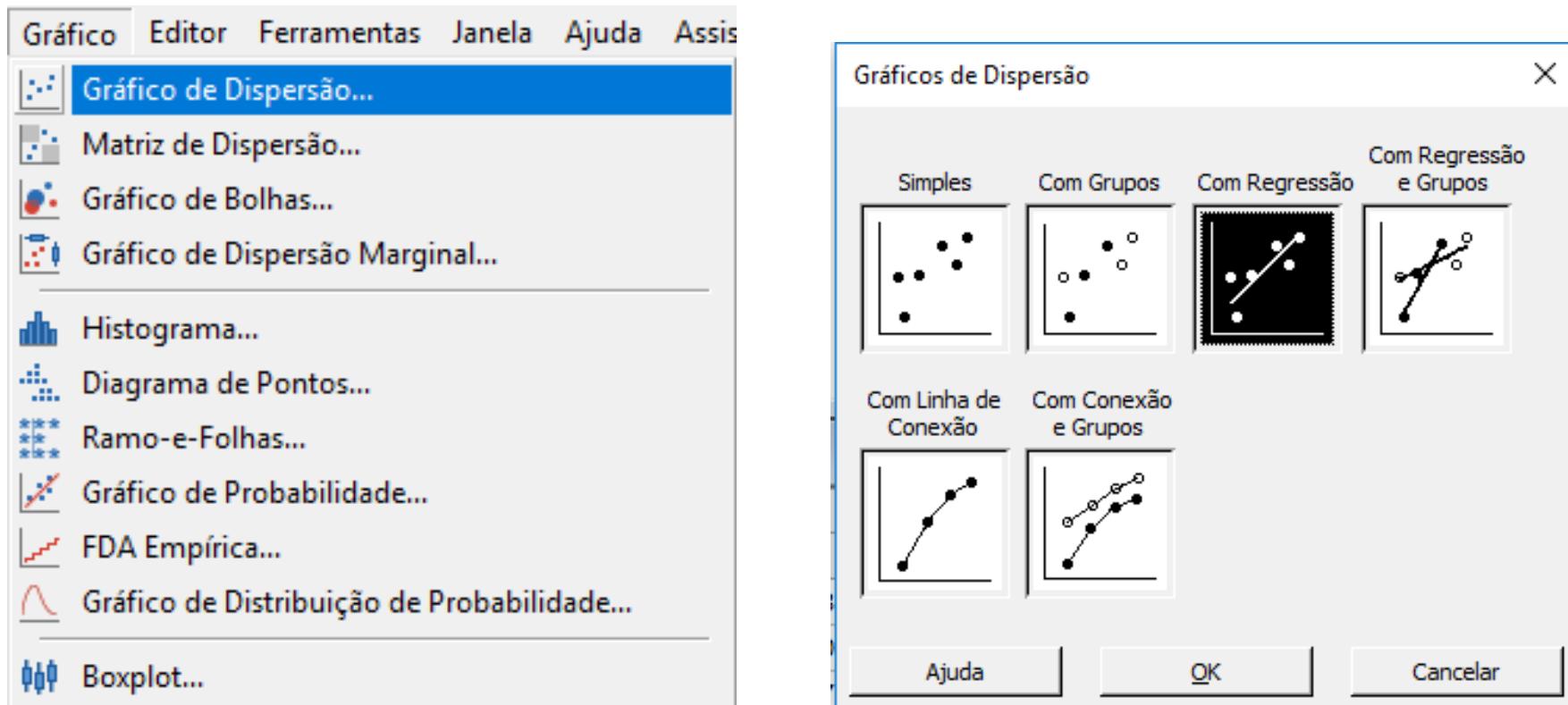
Correlation: Índice de consolidação; %exames de rotina

Pearson correlation of Índice de consolidação and %exames de rotina = 0,976
P-Value = 0,000

❖ Atividade Voitto Labs



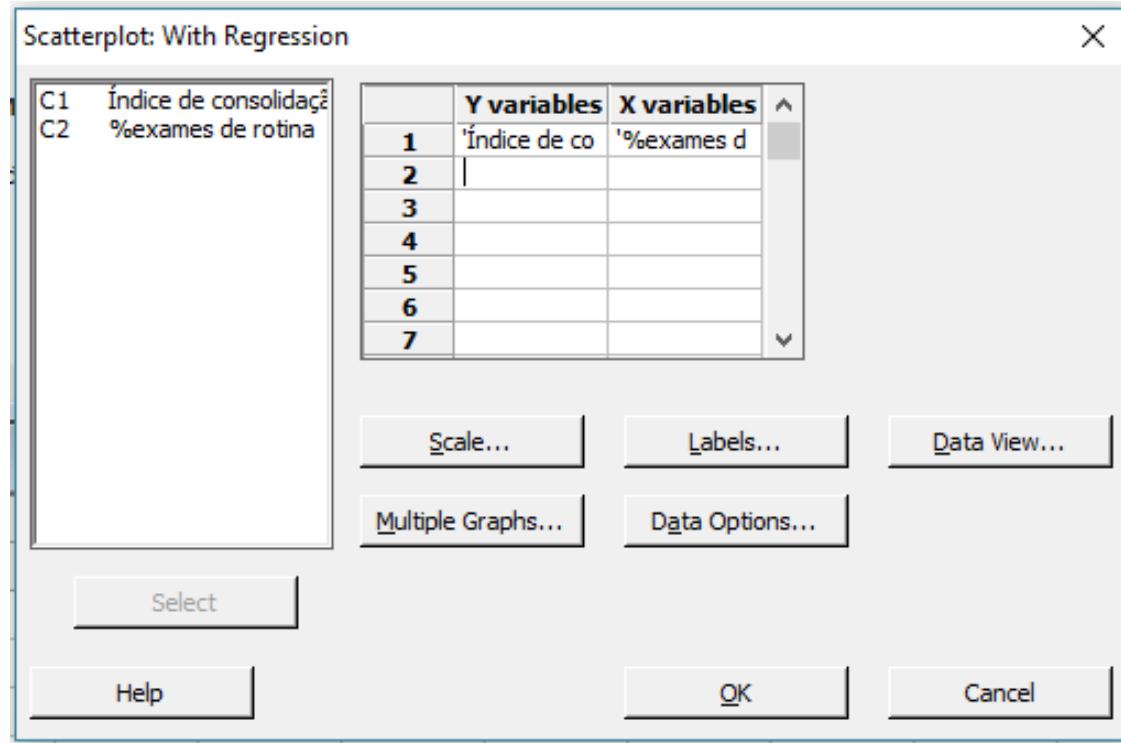
- ❑ Selecione Gráfico > Gráfico de Dispersão... > Com Regressão > clicar em OK.



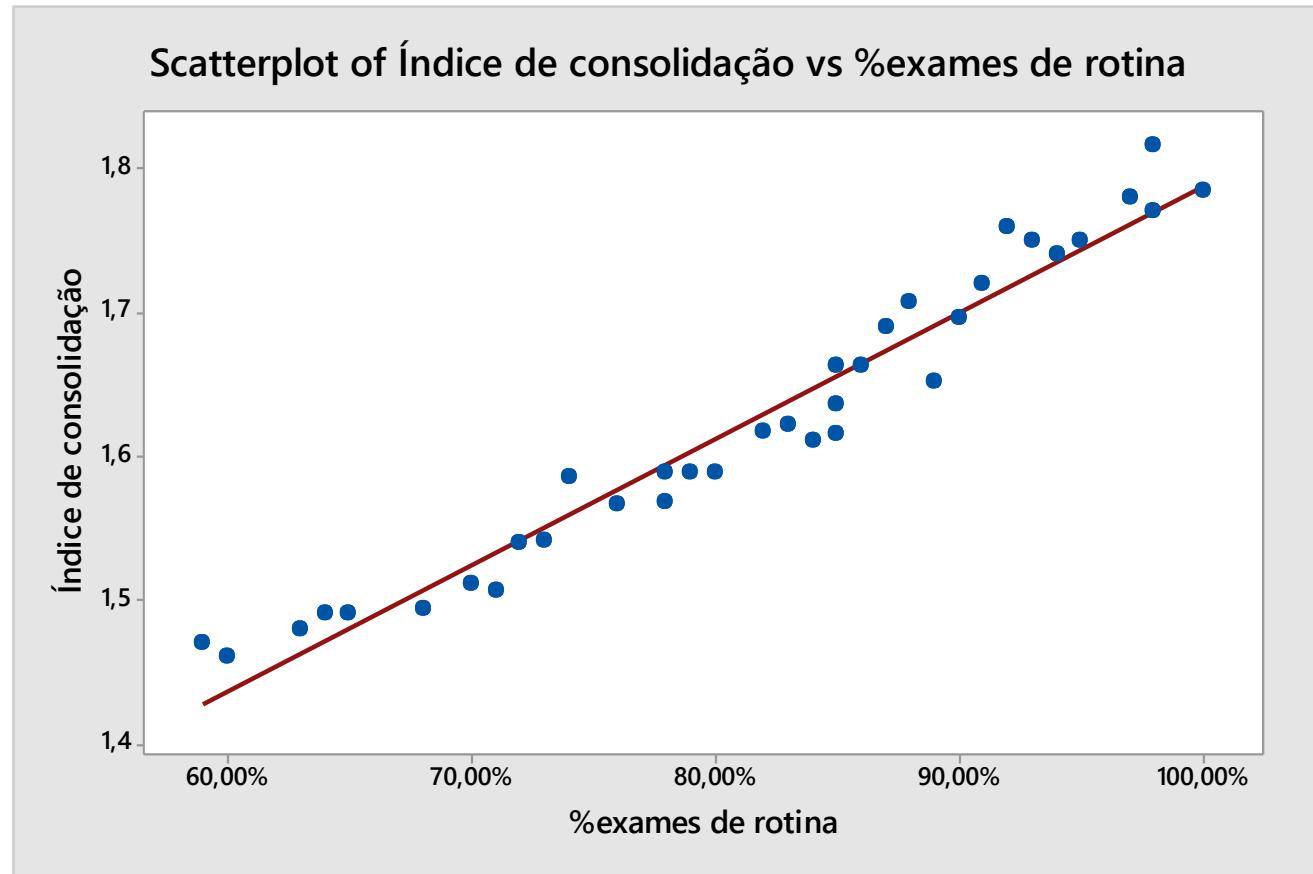
❖ Atividade Voitto Labs



- ❑ Selecione Índice de consolidação como Variável Y e %exames de rotina como Variável X > clicar em OK.



❖ Atividade Voitto Labs



Correlation: Índice de consolidação; %exames de rotina

Pearson correlation of Índice de consolidação and %exames de rotina = 0,976
P-Value = 0,000

❖ Atividade Voitto Labs



- ❑ Podemos afirmar que existe uma correlação entre o Índice de consolidação e o %exames de rotina?
- ❑ Qual o valor do r (coeficiente de correlação linear)? Qual tipo de correlação existe entre as duas variáveis?

- Sim, já que no Diagrama de Dispersão observamos uma inclinação positiva dos pontos e a proximidade entre os pontos e a reta.
- O valor de $r = 0,976$, que indica uma correlação positiva forte.



Módulo 4

DMAIC: Fase Análise

- Lição 1: Revisando as etapas do projeto: Definição e Medição;*
- Lição 2: Descrição da Fase Análise;*
- Lição 3: FMEA;*
- Lição 4: Mapa de Análise Estatística;*
- Lição 5: Correlação e Diagrama de Dispersão;*



Módulo 4

DMAIC: Fase Análise

- Lição 6: Regressão Linear Simples;***
- Lição 7: Teste de Hipóteses;***
- Lição 8: ANOVA – Análise de Variância;***
- Lição 9: Cartas Multi-Vari;***
- Lição 10: Teste do Qui-Quadrado;***
- Consolidando o Conhecimento.***



❖ *Regressão Linear Simples*

A **Regressão Linear Simples** é o modelo matemático que pode explicar a dependência entre a variável de entrada (x) e a variável de saída (Y), considerando que apenas duas variáveis estarão envolvidas.

Equação do modelo linear simples: $y = b_0 + b_1 x$

- Variável x: variável independente ou preditora;
- Variável y: variável dependente ou variável resposta;
- Parâmetro b_0 : coeficiente linear ou intercepto;
- Parâmetro b_1 : coeficiente angular ou inclinação da reta.



❖ *Regressão Linear Simples*

As questões que ocorrem após obtermos a equação de regressão linear são:

- A equação é realmente adequada para o tipo de correlação existente entre as duas variáveis?
- O modelo obtido será útil para realizar previsões?

Para responder essas perguntas e concluir se o modelo de regressão linear é adequado, devemos avaliar três pontos:

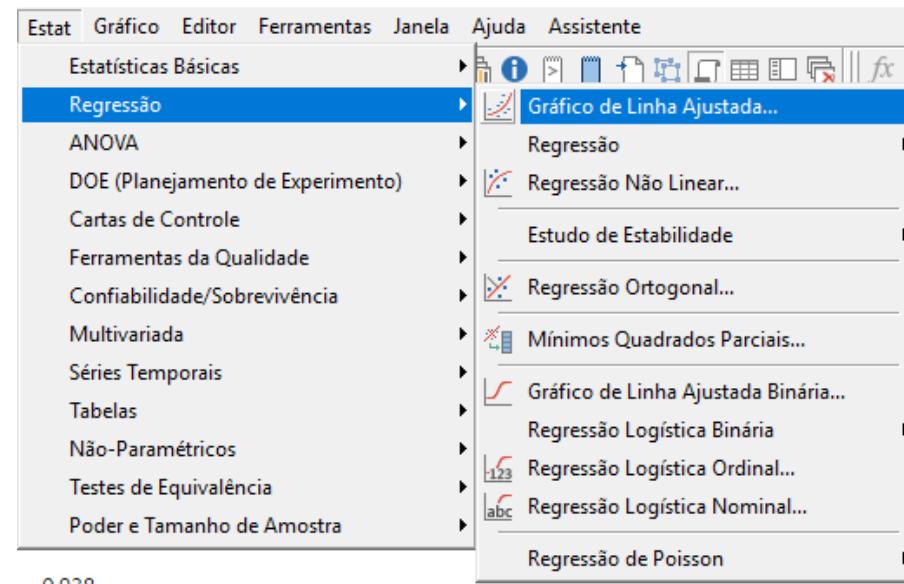
1. P-valor da regressão: define se existe correlação entre as variáveis;
2. Análise de resíduos: define se a equação é realmente adequada;
3. Coeficiente de determinação (R^2): define a representatividade da variável x para explicar o comportamento da variável y.

❖ Atividade Voitto Labs



No exemplo da **Voitto Labs** observamos que existe uma correlação entre o índice de consolidação de tubos e o %exames de rotina. A Regressão Linear Simples permitirá definir uma equação que descreva essa relação entre as duas variáveis.

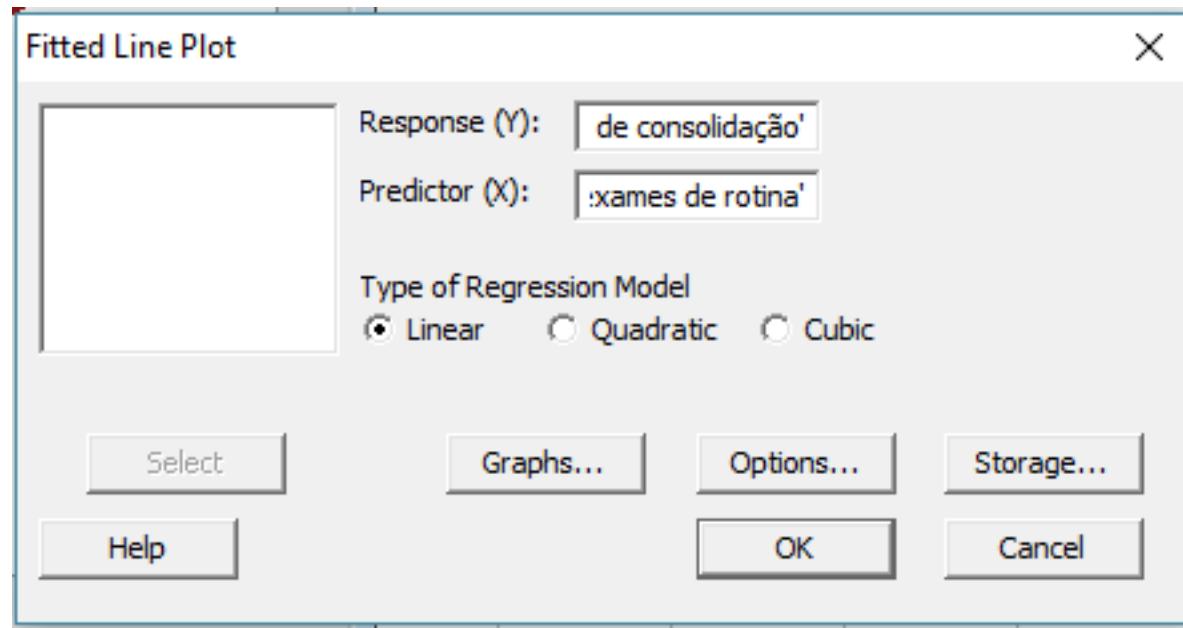
- Abra o arquivo Voitto Labs 3.mtw
- Selecione Stat > Regressão > Gráfico de Linha Ajustada...



❖ Atividade Voitto Labs



- ❑ Selecione Índice de consolidação como Resposta (Y) > Selecione %exames de rotina como Preditora (X) > Selecione Linear > clicar em OK.



❖ Atividade Voitto Labs

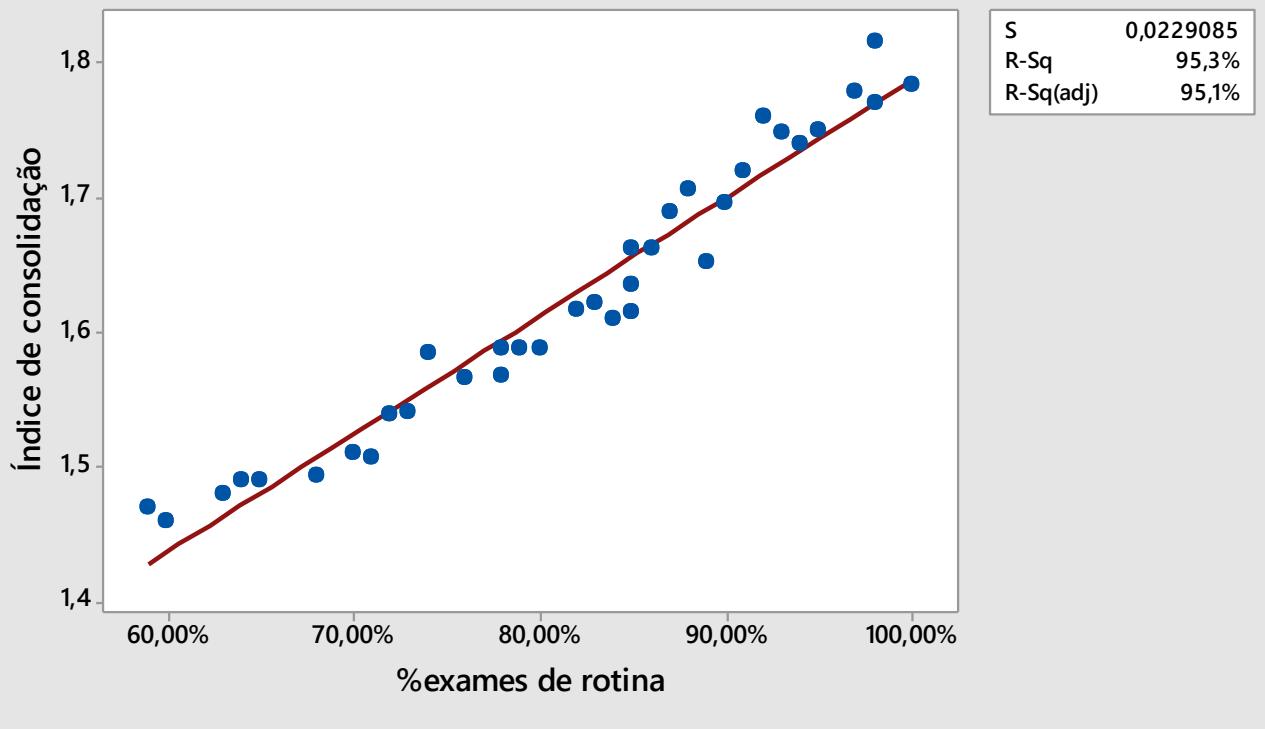


A equação de Regressão Linear Simples obtida foi: $Y = 0,9086 + 0,8799x$.

COMO PODEMOS VALIDAR ESSE MODELO?

Fitted Line Plot

Índice de consolidação = $0,9086 + 0,8799 \cdot \% \text{exames de rotina}$



Regression Analysis: Índice de consolidação versus %exames de rotina

The regression equation is

Índice de consolidação = $0,9086 + 0,8799 \cdot \% \text{exames de rotina}$

S = 0,0229085 R-Sq = 95,3% R-Sq(adj) = 95,1%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	0,360850	0,360850	687,60	0,000
Error	34	0,017843	0,000525		
Total	35	0,378693			

❖ Atividade Voitto Labs



❑ PASSO 1: Avaliar o p-valor da regressão.

Regra de decisão:

- p-valor $\leq 0,05$ – a correlação entre as duas variáveis é significativa.
- p-valor $> 0,05$ – a correlação entre as duas variáveis não é significativa

Regression Analysis: Índice de consolidação versus %exames de rotina

The regression equation is

Índice de consolidação = 0,9086 + 0,8799 %exames de rotina

S = 0,0229085 R-Sq = 95,3% R-Sq(adj) = 95,1%

|

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	0,360850	0,360850	687,60	0,000
Error	34	0,017843	0,000525		
Total	35	0,378693			

❖ Atividade Voitto Labs



❑ PASSO 2: Coeficiente de Determinação.

Regra de decisão:

- O coeficiente será calculado como $0 \leq R^2 \leq 100\%$.
- Quanto mais próximo de 100%, maior a representatividade da variável x ao explicar o comportamento da variabilidade que ocorre com a variável y, **sendo ideal um R^2 acima de 50%**. O restante da variabilidade é explicada por outras variáveis não utilizadas no modelo.

Regression Analysis: Índice de consolidação versus %exames de rotina

The regression equation is
Índice de consolidação = 0,9086 + 0,8799 %exames de rotina

S = 0,0229085 R-Sq = 95,3% R-Sq(adj) = 95,1%

❖ Atividade Voitto Labs



PASSO 3: Análise de Resíduos.

- Resíduo é a diferença entre o valor real (mensurado) da variável y e o valor correspondente estimado pelo modelo de regressão linear.

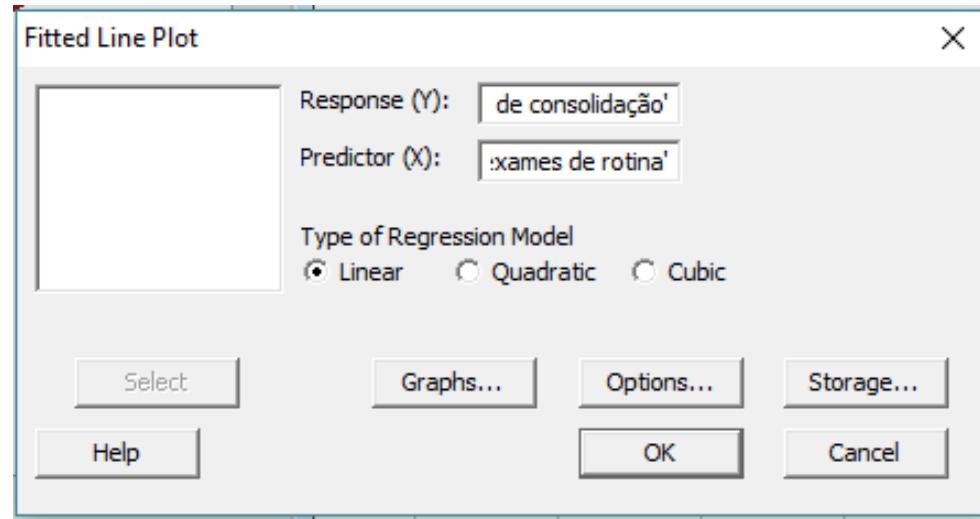
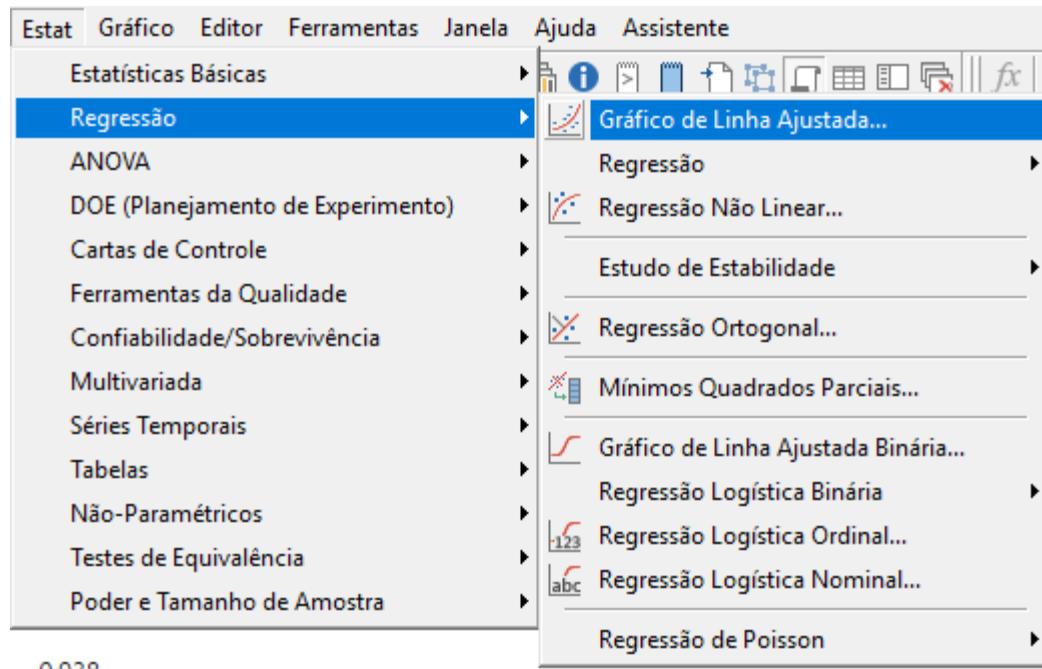
Devemos avaliar as seguintes suposições associadas à Regressão Linear Simples:

1. Os erros têm média zero e variância constante;
2. Os erros não são correlacionados, ou seja, o valor de um erro não depende de qualquer outro erro;
3. Os erros têm Distribuição Normal.

❖ Atividade Voitto Labs



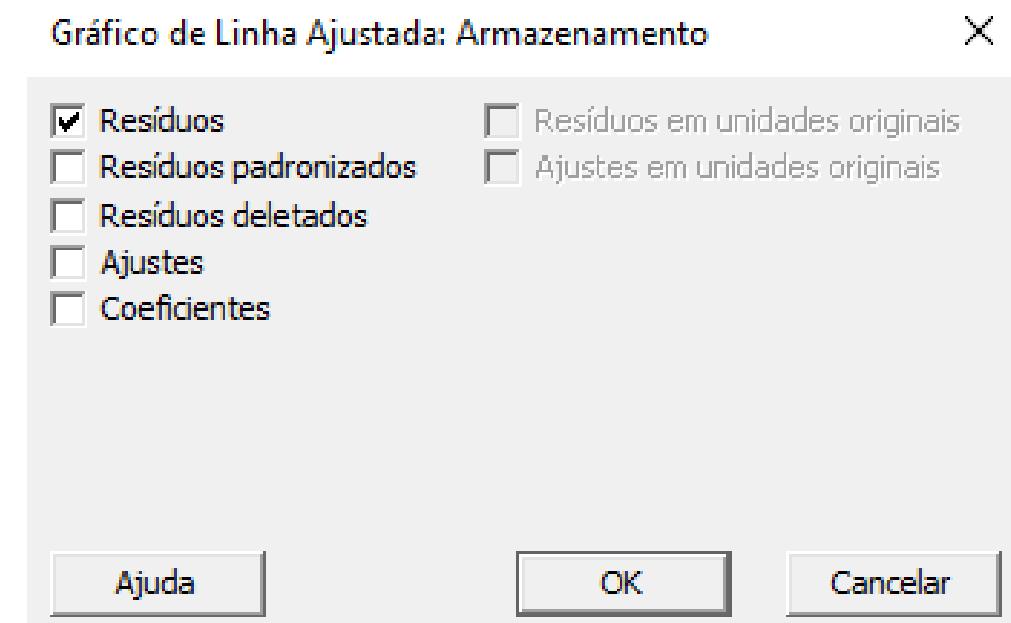
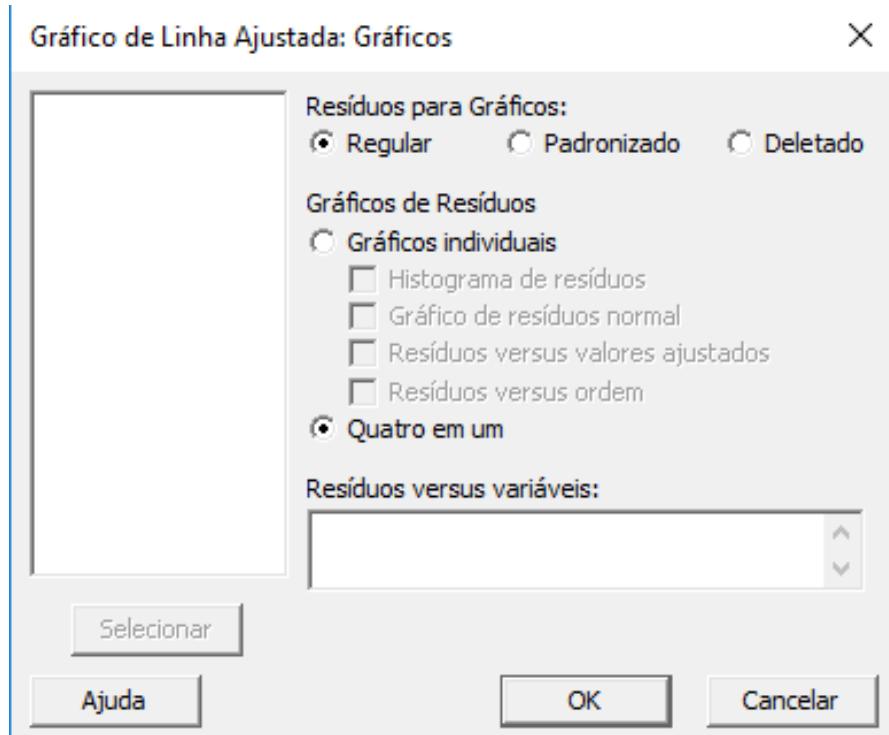
- ❑ Selecione Stat > Regressão > Gráfico de Linha Ajustada...
- ❑ Selecione Índice de consolidação como Resposta (Y) > Selecione %exames de rotina como preditora (X) > Selecione Linear.



❖ Atividade Voitto Labs



- ❑ Selecione a opção Gráficos... > Selecione Quatro em um > clicar em OK.
- ❑ Selecione Armazenamento... > Selecione Resíduos > clicar em OK duas vezes.

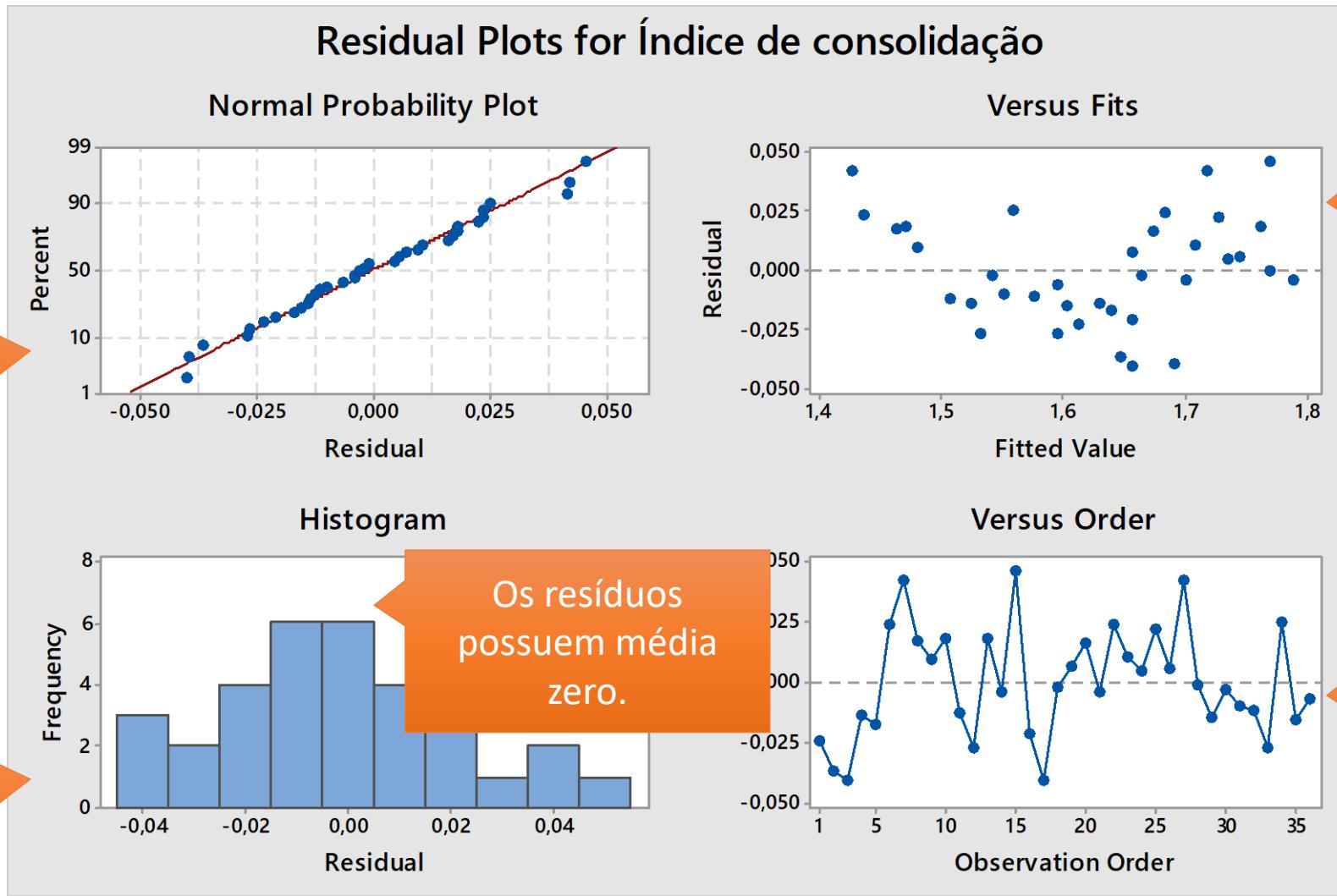


❖ Atividade Voitto Labs



Os resíduos
possuem
Distribuição Normal

Os resíduos
possuem
Distribuição Normal



Os resíduos não são correlacionados

Os resíduos possuem média zero e variância constante

❖ Atividade Voitto Labs



- As duas variáveis do modelo são correlacionadas? Explique.
- A variável preditora (x) é representativa, ou seja, explica de forma adequada a variabilidade da variável resposta (y)?
- Verifique se as três suposições associadas à Regressão Linear foram satisfeitas e responda se o modelo é adequado.

- Sim. No modelo de regressão linear observamos uma proximidade dos pontos em relação à reta indicando uma correlação positiva forte.
- A equação é representativa já que $R^2 = 95\%$, o que significa que 95% da variabilidade de Y é explicada pela variabilidade de X. Os 5% restantes são explicados por erro experimental (outras variáveis que não foram incluídas no modelo).
- A distribuição dos resíduos é Normal (Gráfico de Probabilidade Normal), a média dos erros é zero com variância constante e os erros não são correlacionados.



Módulo 4

DMAIC: Fase Análise

- Lição 1: Revisando as etapas do projeto: Definição e Medição;*
- Lição 2: Descrição da Fase Análise;*
- Lição 3: FMEA;*
- Lição 4: Mapa de Análise Estatística;*
- Lição 5: Correlação e Diagrama de Dispersão;*



Módulo 4

DMAIC: Fase Análise

- Lição 6: Regressão Linear Simples;*
- Lição 7: Teste de Hipóteses;***
- Lição 8: ANOVA – Análise de Variância;*
- Lição 9: Cartas Multi-Vari;*
- Lição 10: Teste do Qui-Quadrado;*
- Consolidando o Conhecimento.*



❖ **Teste de Hipóteses**

**Exemplos de situações que podemos utilizar o Teste de Hipóteses, ANOVA,
Cartas Multi-Vari:**

- Análise do tempo de execução de uma atividade por turno.;
- Análise da variabilidade da produção por equipamentos;
- Análise da produtividade por colaborador;
- Análise do tempo de ciclo na execução da manutenção por planta;
- Avaliação do índice de satisfação do cliente por região;
- Avaliação da quantidade de produto desclassificado por Centro de Distribuição;
- Análise da margem líquida na venda de produtos por departamento.



❖ *Teste de Hipóteses*

- ❑ O teste de hipóteses é baseado na utilização de uma amostra com o objetivo de testar uma afirmação sobre um parâmetro ou característica da população.
- ❑ Não se trata de uma simples comparação matemática entre dois ou mais valores, mas da necessidade de compreender se o valor obtido a partir de uma determinada amostra representa uma simples variação amostral da situação atual ou não.
- ❑ Imagine que o dono de duas farmácias mediu, durante 15 dias, o tempo de espera do cliente na fila do caixa. Ao calcular o tempo médio os valores obtidos foram 5 minutos na loja A e 3,5 minutos na loja B. **Podemos afirmar que o tempo médio de espera na loja B é menor?**



❖ **Teste de Hipóteses**

Para respondermos a pergunta podemos construir duas hipóteses:

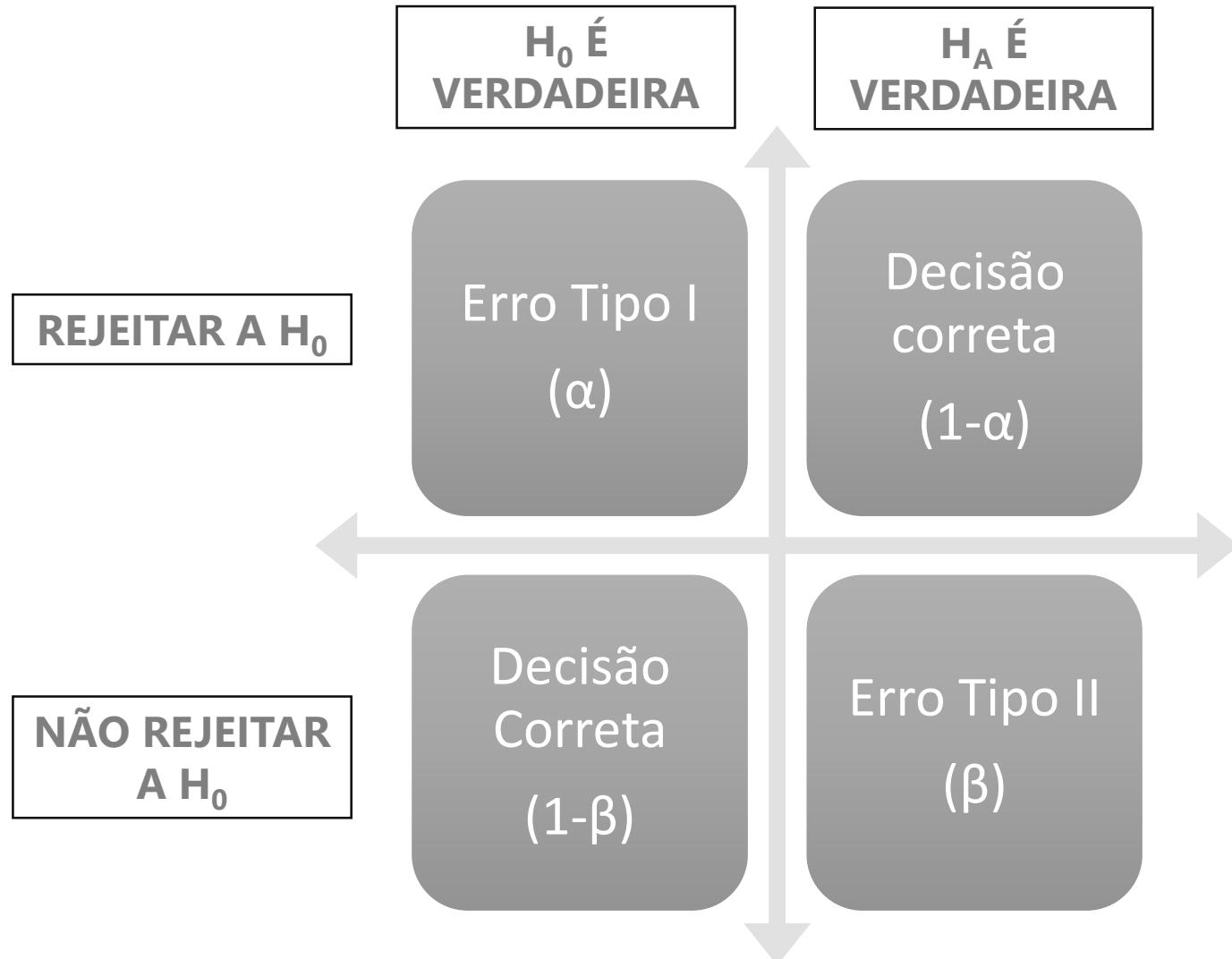
- Hipótese nula (H_0): o tempo médio de espera é igual nas duas lojas.
- Hipótese alternativa (H_A): existe diferença entre o tempo médio da loja A e loja B.

A partir das hipóteses formuladas temos a probabilidade de quatro ocorrências:

- Rejeitar a hipótese nula quando ela é verdadeira (Erro tipo I);
- Não rejeitar a hipótese nula quando ela é verdadeira (Decisão correta);
- Rejeitar a hipótese nula quando a hipótese alternativa é verdadeira (Decisão correta);
- Não rejeitar a hipótese nula quando a hipótese alternativa é verdadeira (Erro tipo II).



❖ Teste de Hipóteses





❖ Teste de Hipóteses

- A partir dos conceitos discutidos, podemos aplicar cinco tipos de testes de hipóteses para comparar as médias de uma amostra com um valor de referência ou de duas amostras entre si:

Teste t para 1 amostra

Determina se a média de uma amostra difere de maneira significativa de um valor especificado (padrão). **Importante: as amostras são provenientes de uma Distribuição Normal.**

Teste t para 2 amostras

Determina se a média de duas amostras independentes difere significativamente. **Importante: as amostras são independentes e provenientes de uma Distribuição Normal.**

Teste t pareado (2 amostras)

Determina se a média de duas amostras pareadas, ou seja, dependentes, difere significativamente. **Dois conjuntos de observações estão relacionados à mesma unidade amostral e são provenientes de uma Distribuição Normal.**



❖ *Teste de Hipóteses*

Teste para 1 proporção

Determina se a proporção de uma amostra difere de maneira significativa de um valor especificado (padrão).

Teste para 2 proporções

Compara se a proporção de duas amostras diferem significativamente.

❖ Atividade Voitto Labs



Teste t para 1 amostra

O Green Belt responsável pelo projeto de consolidação de tubos na Voitto Labs, conseguiu adquirir informações de mercado e identificou que os concorrentes estão trabalhando, em média, com um índice de consolidação igual a 1,75.

Através do teste t para 1 amostra o Green Belt fará uma validação estatística para concluir se a Voitto Labs possui um resultado igual ou pior que dos concorrentes.

- H_0 : índice de consolidação Voitto Labs = 1,75**
- H_A : índice de consolidação Voitto Labs \neq 1,75**

❖ Atividade Voitto Labs



- ❑ Selecione Stat > Estatísticas Básicas > Teste t para 1 amostra...
- ❑ Selecione Índice de consolidação como a variável > clique em Realizar teste de hipóteses > digite 1,75 em Média Hipotética > clicar em Opções...

The screenshot shows the Minitab software interface. The menu bar at the top includes: Estat, Gráfico, Editor, Ferramentas, Janela, Ajuda, and Assistente. The 'Estatísticas Básicas' option is highlighted in blue. A dropdown menu below it lists various statistical tests. The 'Teste t para 1 Amostra...' option is also highlighted in blue, indicating it is the selected command.

- Estat
- Gráfico
- Editor
- Ferramentas
- Janela
- Ajuda
- Assistente

Estatísticas Básicas

- Regressão
- ANOVA
- DOE (Planejamento de Experimento)
- Cartas de Controle
- Ferramentas da Qualidade
- Confiabilidade/Sobrevivência
- Multivariada
- Séries Temporais
- Tabelas
- Não-Paramétricos
- Testes de Equivalência
- Poder e Tamanho de Amostra

- Exibição de Estatísticas Descritivas...
- Armazenamento de Estatísticas Descritivas...
- Sumário Gráfico...
- Teste Z para 1 Amostra...
- Teste t para 1 Amostra... **Selected**
- Teste t para 2 Amostras...
- Teste t pareado...
- Teste para 1 Proporção...
- Teste para 2 Proporções...
- Teste da Taxa de Poisson para 1 Amostra...
- Teste da Taxa de Poisson para 2 Amostras...
- Teste para 1 Variância...

This screenshot shows the 'Teste t para 1 amostra para a Média' dialog box. On the left, a list of variables is shown: C1 (Ano), C2 (Meses), C3 (Índice de consolidação), C4 (%satisfação), C6 (ProLab), C7 (BrasMed), C9 (Linha Verde), C10 (Linha Azul), C11 (Linha Vermelha), and C12 (Linha Amarela). To the right, there are input fields and options. The variable 'Índice de consolidação' is selected in the dropdown. The checkbox 'Realizar teste de hipóteses' is checked, and the 'Média hipotética:' field contains the value '1,75'. At the bottom, there are buttons for 'Selecionar', 'Opções...', 'Gráficos...', 'Ajuda', 'OK', and 'Cancelar'.

Teste t para 1 amostra para a Média

C1 Ano
C2 Meses
C3 Índice de consolidação
C4 %satisfação
C6 ProLab
C7 BrasMed
C9 Linha Verde
C10 Linha Azul
C11 Linha Vermelha
C12 Linha Amarela

Uma ou mais amostras, cada uma em uma coluna

'Índice de consolidação'

Realizar teste de hipóteses

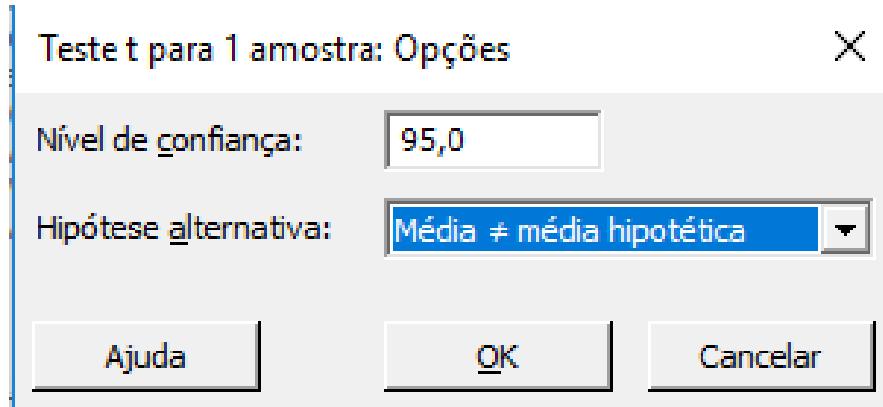
Média hipotética: 1,75

Selecionar Opções... Gráficos...
Ajuda OK Cancelar

❖ Atividade Voitto Labs



- ❑ Confira se o Nível de confiança está em 95% > Escolha o teste ≠ como Hipótese alternativa > clicar em OK duas vezes.



❖ Atividade Voitto Labs



- ❑ Importante: devemos garantir que as amostras são independentes e provenientes de uma Distribuição Normal.

- ❑ **Regra de decisão do teste:**

- ❑ Se p-valor < α Rejeitar H_0
- ❑ Se p-valor $\geq \alpha$ Não rejeitar H_0

- ❑ Nível de significância $\alpha = 0,05$ (5%)

Teste T para Uma Amostra: Índice de consolidação

Estatísticas Descritivas

N	Média	DesvPad	EP	Média	IC de 95% para μ
36	1,6252	0,1040	0,0173		(1,5900; 1,6604)

μ : média de Índice de consolidação

Teste

Hipótese nula $H_0: \mu = 1,75$

Hipótese alternativa $H_1: \mu \neq 1,75$

Valor-T	Valor-p
-7,20	0,000

❖ Atividade Voitto Labs



- Qual é o p-valor do teste?
- Com base na regra de decisão do teste, qual foi a conclusão do Green Belt?
- O valor médio do índice de consolidação da Voitto Labs está dentro de qual intervalo de confiança?

- p-valor = 0,000
- Rejeitamos a hipótese nula e concluímos que o índice de consolidação é diferente de 1,75.
- O intervalo de confiança é de 1,59 a 1,66.



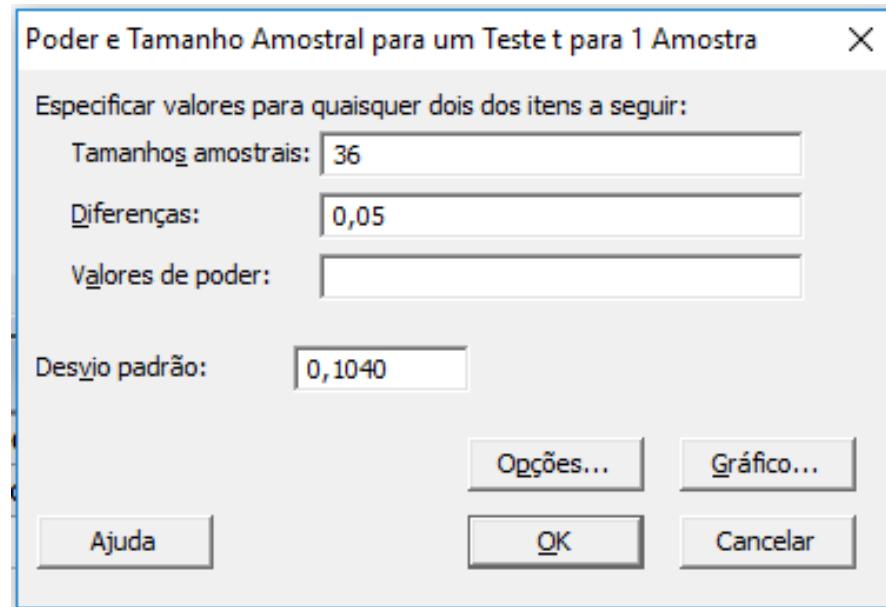
❖ Determinação de Poder do Teste

- Definimos o poder de um teste ($1 - \beta$) como a probabilidade de que o teste leve à rejeitar H_0 quando H_0 é falsa, ou seja, decisão correta.
- **A utilidade prática do poder do teste é a definição de um tamanho de amostra adequado.**
- **Fatores que influenciam no poder do teste:**
 - O poder do teste aumenta quando aumentamos o nível de significância (α);
 - O aumento da variabilidade da população afeta negativamente o poder, ou seja, quando ela aumenta, o poder do teste diminui.

❖ Atividade Voitto Labs



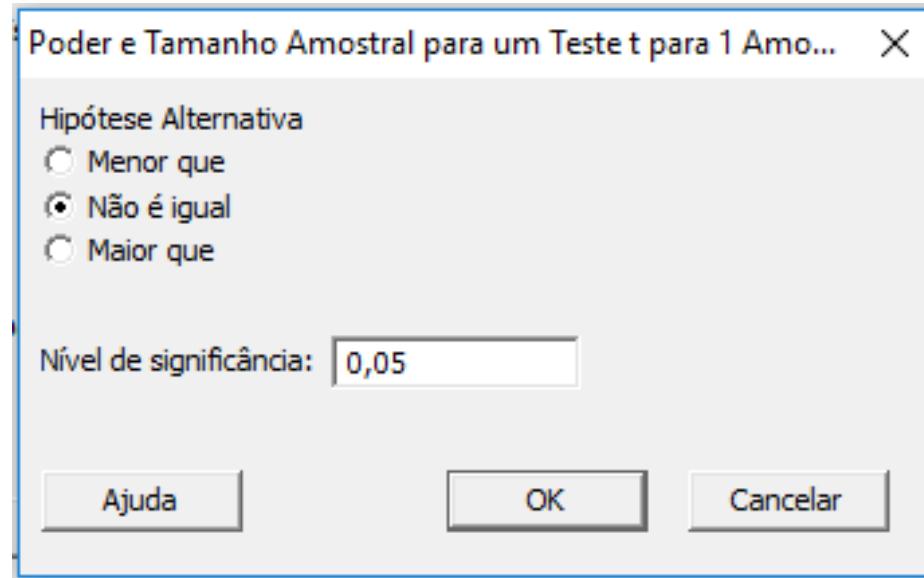
- ❑ Vamos calcular o poder do teste para a Atividade Voitto Labs, considerando que uma variação menor que 0,05 não seja considerada significativa.
- ❑ Selecione Stat > Poder e Tamanho Amostral > Teste t para 1 amostra...
- ❑ Digite 36 em Tamanhos Amostrais > Digite 0,05 em Diferenças > Digite 0,1040 em Desvio Padrão.



❖ Atividade Voitto Labs



- ❑ Selecione Opções... > Em Hipótese Alternativa clique em Não é igual > Digite 0,05 em Nível de significância > Clicar em OK duas vezes.



❖ Atividade Voitto Labs



Poder e Tamanho de Amostra

Teste t para 1 Amostra

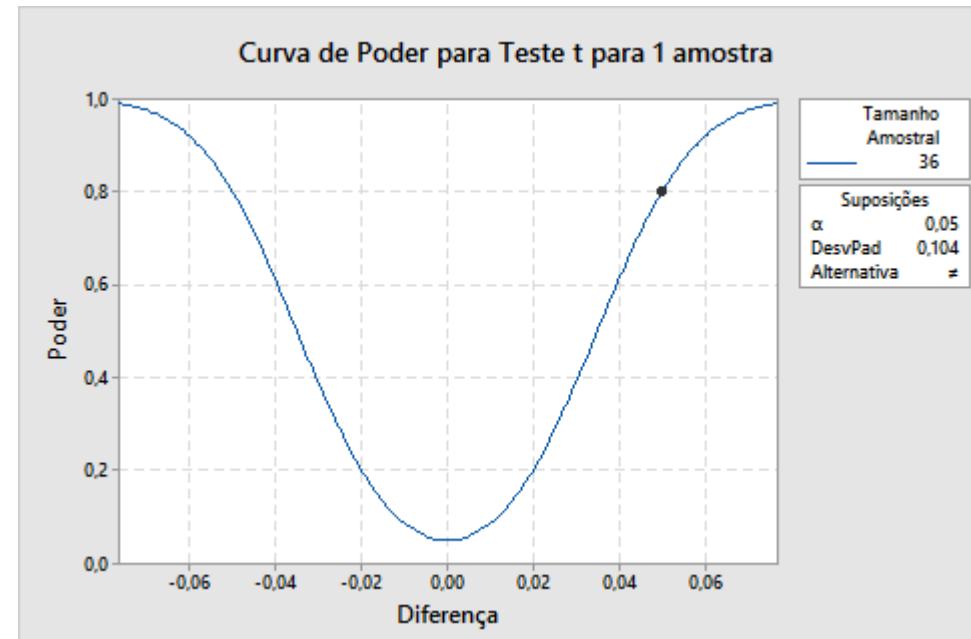
Teste de média = nulo (versus ≠ nulo)

Cálculo do poder para média = nulo + diferença

$\alpha = 0,05$ Desvio padrão assumido = 0,104

Resultados

Diferença	Tamanho Amostral	Poder
0,05	36	0,800861



❖ Atividade Voitto Labs

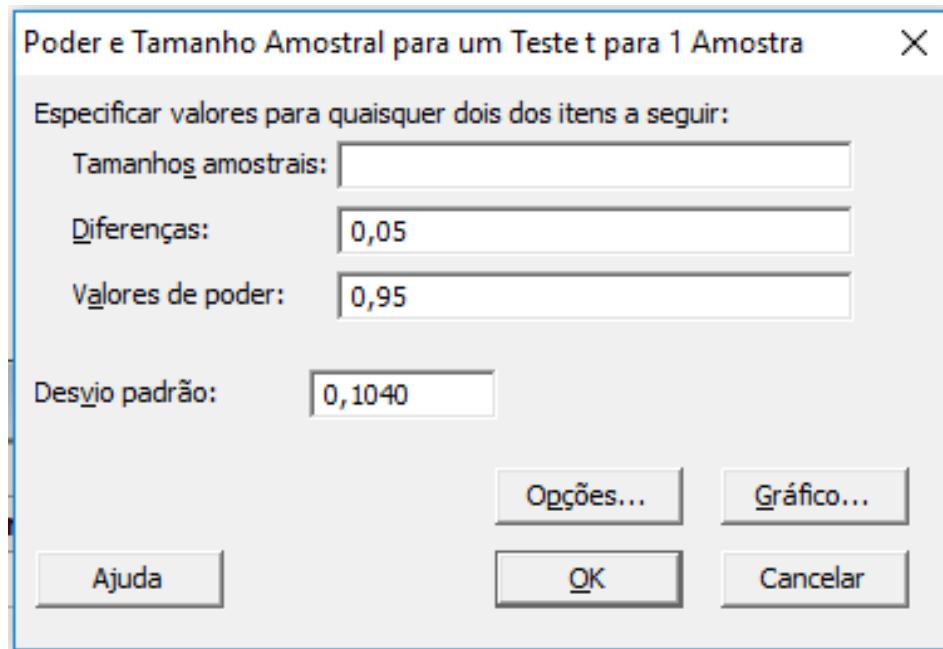


- ❑ Uma estratégia que pode ser utilizada para que você obtenha o poder do teste desejado é calcular um tamanho de amostra ideal.
- ❑ Neste caso, vamos calcular o tamanho amostral para obter um poder de 0,95.

❖ Atividade Voitto Labs



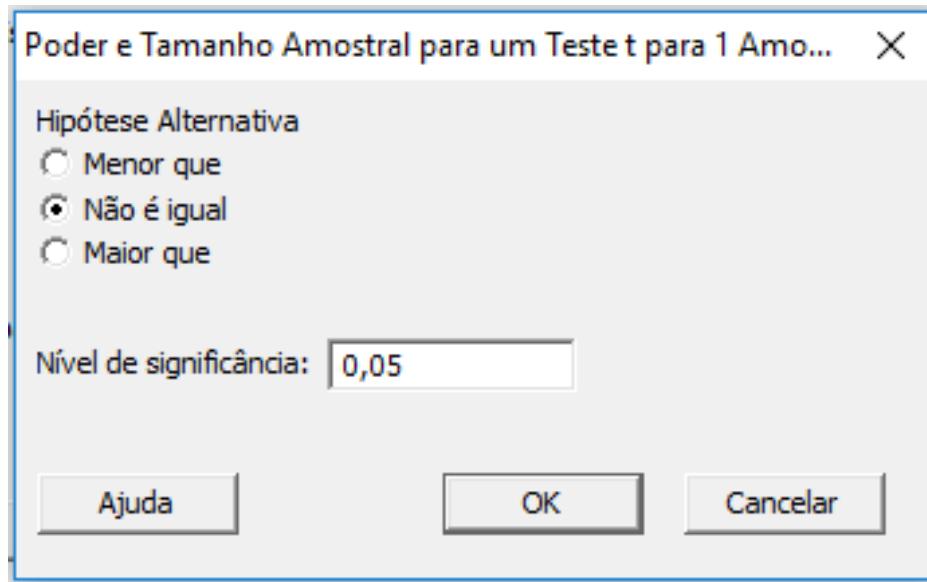
- ❑ Selecione Stat > Poder e Tamanho Amostral > Teste t para 1 amostra...
- ❑ Em Diferenças digite 0,05 > Digite 0,95 em Valores de poder > Digite 0,1040 em Desvio Padrão.



❖ Atividade Voitto Labs



- ❑ Selecione Opções... > Em Hipótese Alternativa clique em Não é igual > Digite 0,05 em Nível de significância > Clicar em OK duas vezes.



❖ Atividade Voitto Labs



Poder e Tamanho de Amostra

Teste t para 1 Amostra

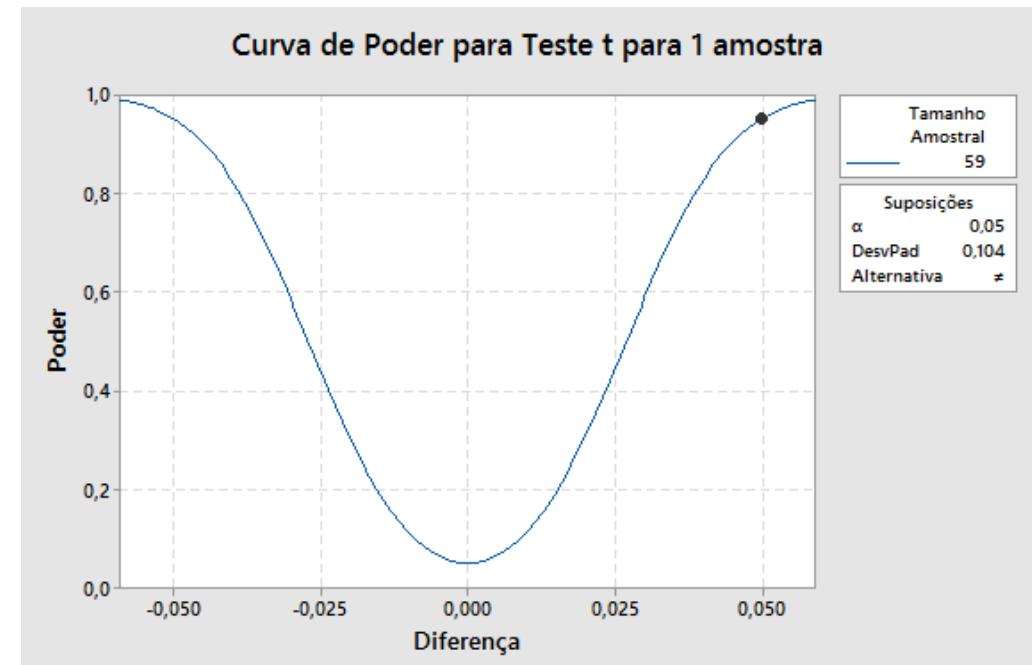
Teste de média = nulo (versus \neq nulo)

Cálculo do poder para média = nulo + diferença

$\alpha = 0,05$ Desvio padrão assumido = 0,104

Resultados

Diferença	Tamanho Amostral	Poder	
		Alvo	Poder Real
0,05	59	0,95	0,952647



❖ Atividade Voitto Labs



Teste t para 2 amostras

Um dos engenheiros da Voitto Labs identificou como causa potencial o fornecedor dos equipamentos utilizados nas análises. Segundo ele, o equipamento de cada fornecedor consolida ou fraciona o conteúdo dos tubos de maneira diferente, o que pode afetar o indicador do projeto.

O Green Belt fará o teste t para 2 amostras com o objetivo de avaliar o índice de consolidação estratificado por fornecedor/equipamento. Atualmente a Voitto Labs trabalha com dois fornecedores de equipamentos, a ProLab e a BrasMed.

- H_0 : desempenho ProLab = desempenho BrasMed**
- H_A : desempenho ProLab ≠ desempenho BrasMed**

❖ Atividade Voitto Labs



- ❑ Duas amostras **são independentes** se a extração da amostra de uma das populações não afeta a extração da amostra de outra população. Em teoria, devemos garantir que as amostras sejam independentes, provenientes de uma Distribuição Normal e com variâncias iguais.

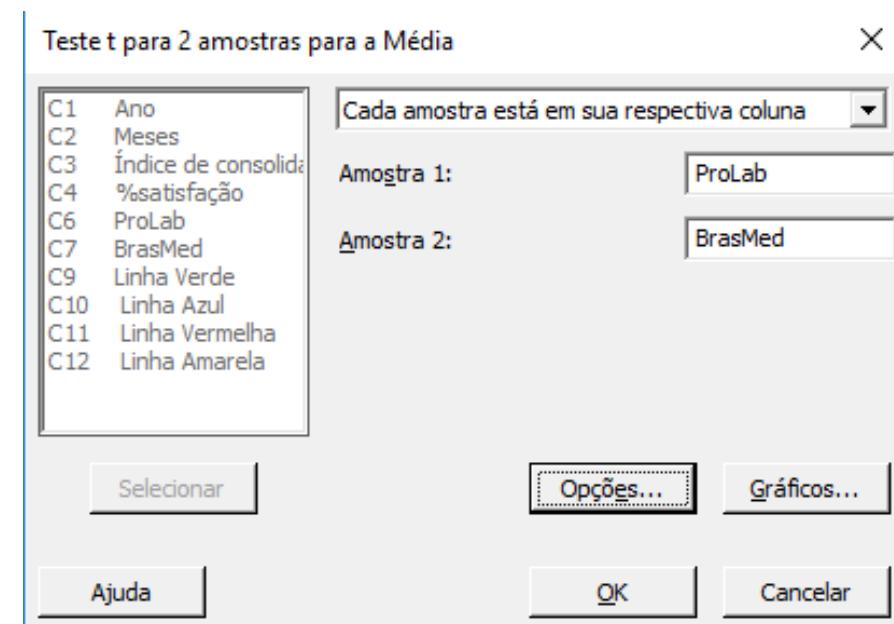
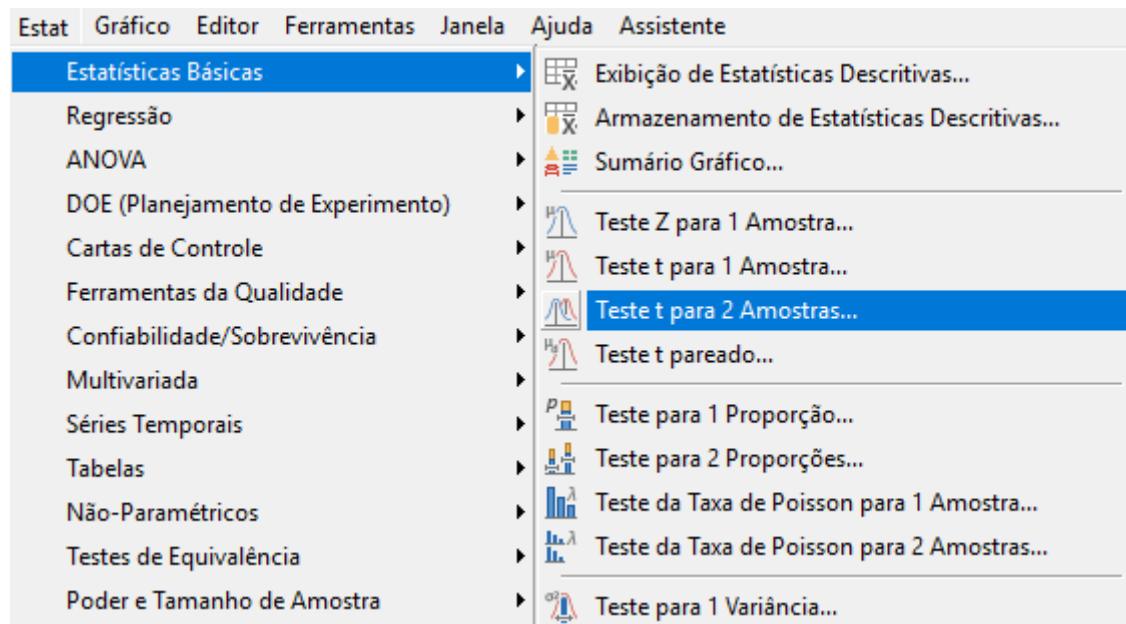
- ❑ **Regra de decisão do teste:**
 - ❑ Se p-valor < α Rejeitar H_0
 - ❑ Se p-valor $\geq \alpha$ Não rejeitar H_0

- ❑ Nível de significância $\alpha = 0,05$ (5%)

❖ Atividade Voitto Labs



- ❑ Selecione Stat > Estatísticas Básicas > Teste t para 2 amostras...
- ❑ Selecione a opção Cada amostra está em sua respectiva coluna > Escolha ProLab como Amostra 1 e BrasMed como Amostra 2 > Clique em Opções...



❖ Atividade Voitto Labs



- ❑ Escolha a opção adequada para a hipótese alternativa (neste exemplo a opção testada é ≠).
- ❑ Clique em Assumir variâncias iguais ou deixe desmarcado caso as variâncias não sejam iguais.
- ❑ Clicar em OK duas vezes.

Teste t para 2 amostras: Opções

Diferença = (média da amostra 1) - (média da amostra 2)

Nível de confiança:

Diferença hipotética:

Hipótese alternativa:

Assumir variâncias iguais

Ajuda OK Cancelar

❖ Atividade Voitto Labs



Teste T para Duas Amostras e IC: ProLab; BrasMed

Método

μ_1 : média de ProLab

μ_2 : média de BrasMed

Diferença: $\mu_1 - \mu_2$

Assumiu-se igualdade de variâncias para esta análise.

Estatísticas Descritivas

Amostra	N	Média	DesvPad	EP	Média
ProLab	36	1,723	0,110	0,018	
BrasMed	36	1,5602	0,0999	0,017	

Estimativa da diferença

Diferença	DesvPad Combinado	IC de 95% para a Diferença	
		0,1625	0,1052 (0,1131; 0,2120)

Teste

Hipótese nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótese alternativa $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor-T	GL	Valor-p
6,56	70	0,000

❖ Atividade Voitto Labs



- Qual é o p-valor do teste?
- Com base na regra de decisão do teste, qual foi a conclusão do Green Belt?
- Caso não exista vantagens comerciais de um fornecedor em relação ao outro, qual deveria ser o fornecedor priorizado pelo Green Belt?

- p-valor = 0,000

- Rejeitamos a hipótese nula e concluímos que o desempenho médio da ProLab e BrasMed são diferentes, sendo a média da ProLab maior.
- ProLab, que possui uma média maior e para o indicador quanto maior melhor.

❖ Atividade Voitto Labs



- ❑ Com os resultados em mãos, Green Belt decidiu verificar o poder do teste realizado, considerando permitida uma variação de até 0,05 no índice de consolidação dos laboratórios.
- ❑ Selecione Stat > Poder e Tamanho Amostral > Teste t para 2 amostras...
- ❑ Em Tamanhos amostrais digite 36 > Digite 0,05 em Diferenças > Digite 0,1052 em Desvio Padrão.

Poder e Tamanho de Amostra para Teste t para 2 Amostras X

Especifique valores para um dos dois itens a seguir:

Tamanhos amostrais:	36
Diferenças:	0,05
Valores de poder:	

Desvio padrão: 0,1052

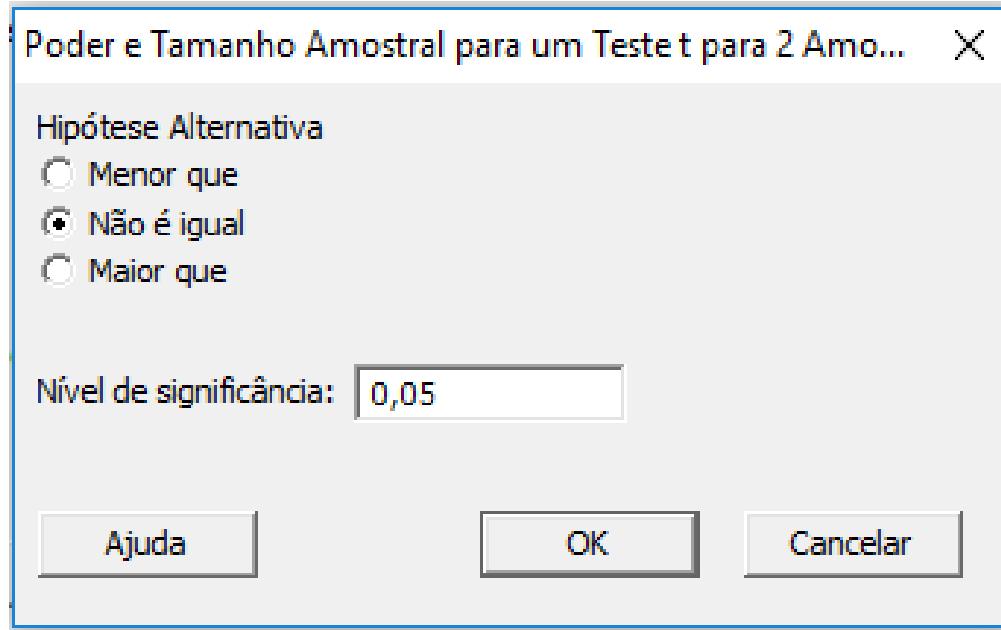
Opções... Gráfico...

Ajuda OK Cancelar

❖ Atividade Voitto Labs



- Selecione Opções... > Em Hipótese Alternativa clique em Não é igual > Digite 0,05 em Nível de significância > Clicar em OK duas vezes.



❖ Atividade Voitto Labs



Poder e Tamanho de Amostra

Teste t para 2 amostras

Teste de média 1 = média 2 (versus ≠)

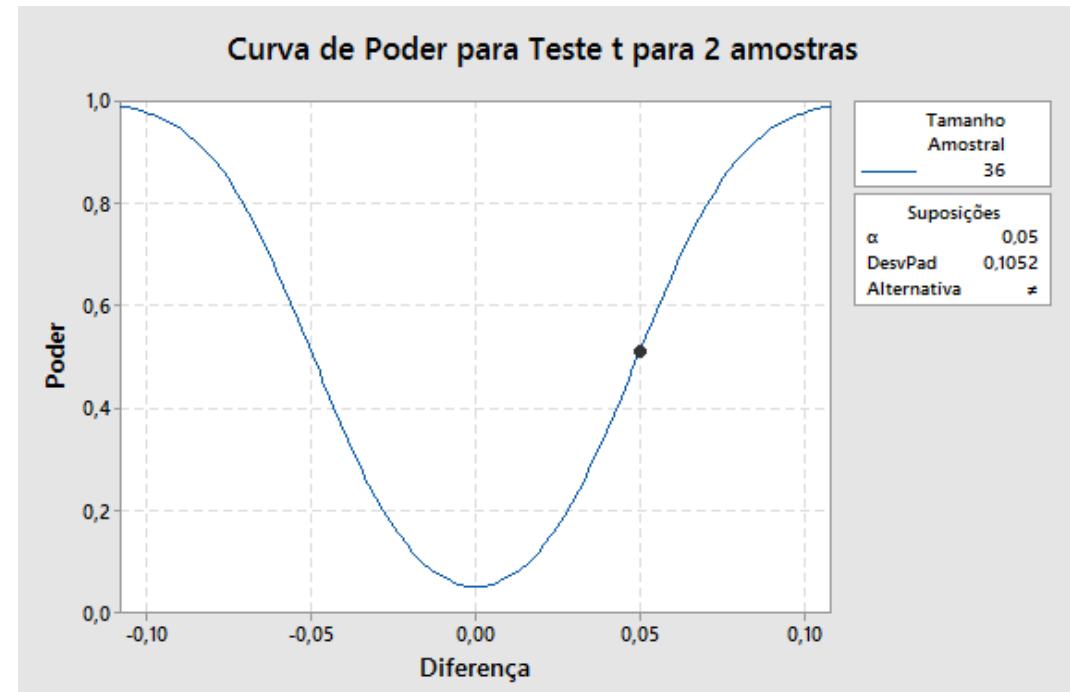
Cálculo do poder para média 1 = média 2 + diferença

$\alpha = 0,05$ Desvio padrão assumido = 0,1052

Resultados

Diferença	Tamanho Amostral	Poder
0,05	36	0,511526

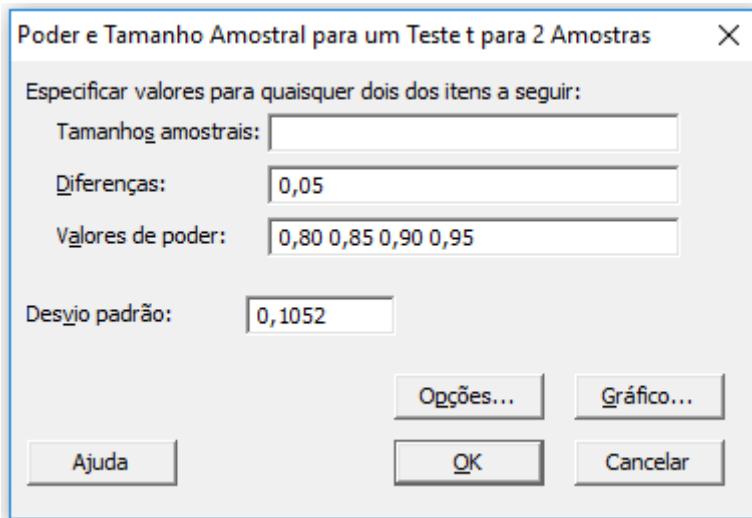
O tamanho amostral é para cada grupo.



❖ Atividade Voitto Labs



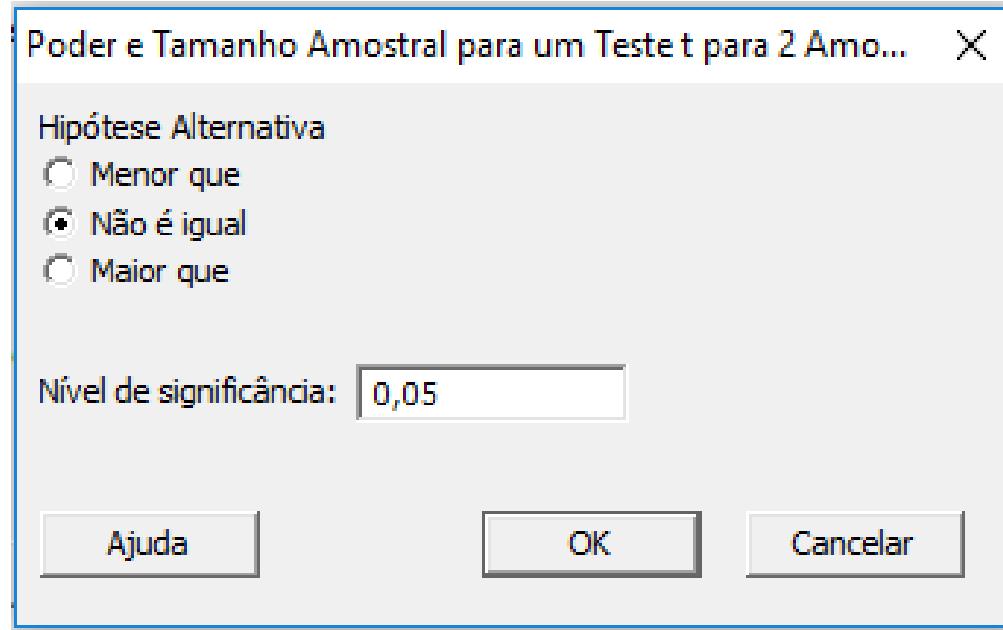
- ❑ Visto que o teste possui um poder bastante baixo, calcule os tamanhos amostrais para que o Green Belt do projeto tenha um teste com poder de 0,80; 0,85; 0,90 e 0,95.
- ❑ Selecione Stat > Poder e Tamanho Amostral > Teste t para 2 amostras...
- ❑ Em Diferenças digite 0,05 > Digite 0,80 0,85 0,90 0,95 em Valores de poder > Digite 0,1052 em Desvio Padrão.



❖ Atividade Voitto Labs



- Selecione Opções... > Em Hipótese Alternativa clique em Não é igual > Digite 0,05 em Nível de significância > Clicar em OK duas vezes.



❖ Atividade Voitto Labs



Poder e Tamanho de Amostra

Teste t para 2 amostras

Teste de média 1 = média 2 (versus ≠)

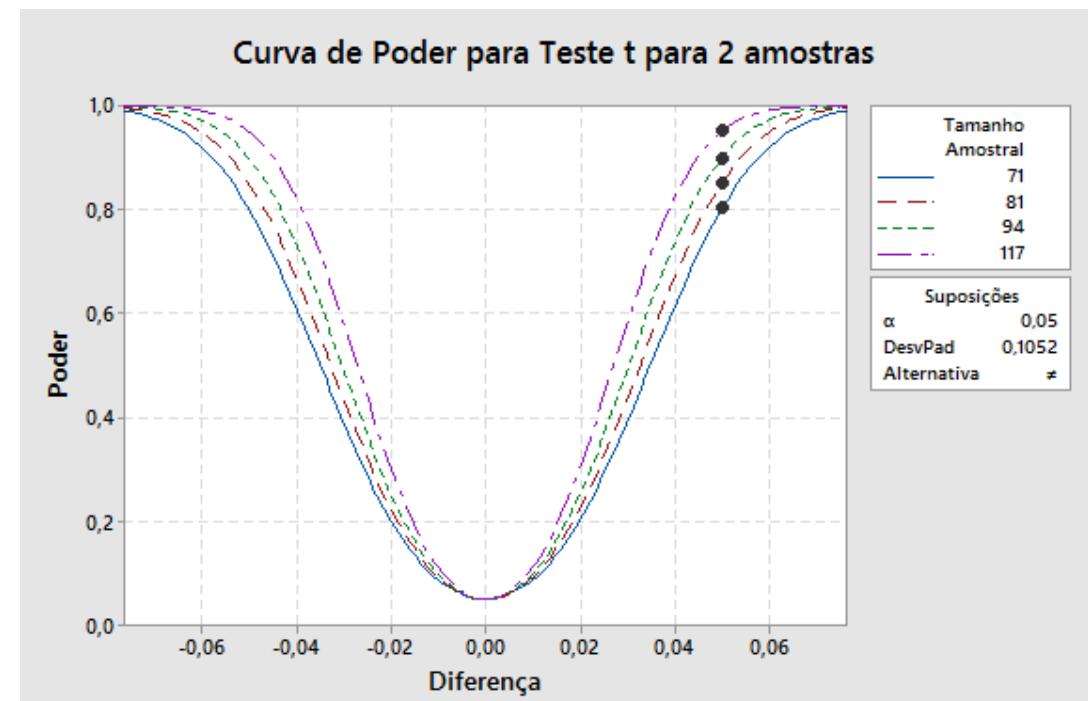
Cálculo do poder para média 1 = média 2 + diferença

$\alpha = 0,05$ Desvio padrão assumido = 0,1052

Resultados

Diferença	Tamanho Amostral	Poder	
		Alvo	Poder Real
0,05	71	0,80	0,803004
0,05	81	0,85	0,852342
0,05	94	0,90	0,900001
0,05	117	0,95	0,951561

O tamanho amostral é para cada grupo.



❖ Atividade Voitto Cars



Teste t pareado (amostras dependentes)

O RH da empresa **Voitto Cars** deseja verificar se duas faixas distintas de tempo de empresa (abaixo de 18 meses, acima de 18 meses) possuem resultados significativamente distintos para o índice de produtividade dos operadores do chão de fábrica.

Através do teste t pareado fará a comparação do índice de produtividade médio, resultante de 45 dias de medição, para cada operador de um mesmo turno, com características similares e apenas o tempo de empresa visivelmente distinto.

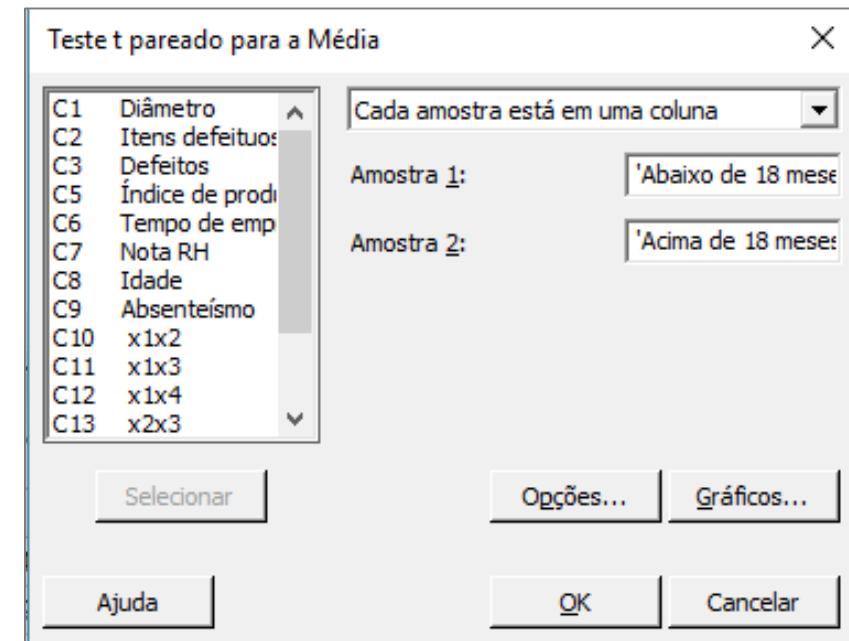
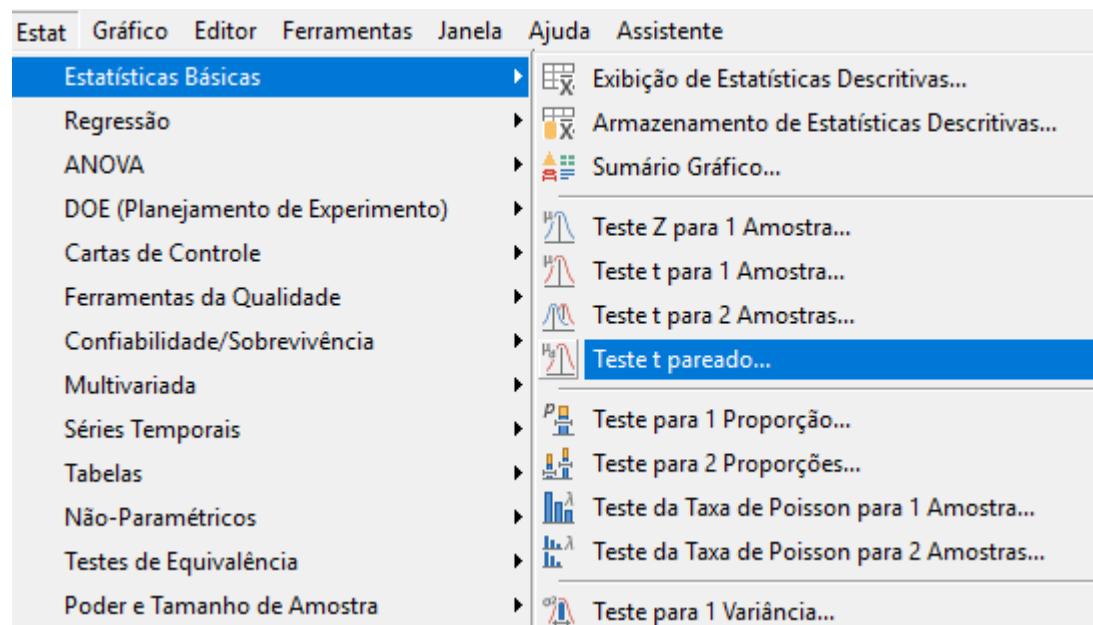
- H_0 : abaixo de 18 meses = acima de 18 meses**
- H_A : abaixo de 18 meses \neq acima de 18 meses**

Abra o arquivo “*Voitto Cars 3.MTW*”.

❖ Atividade Voitto Cars



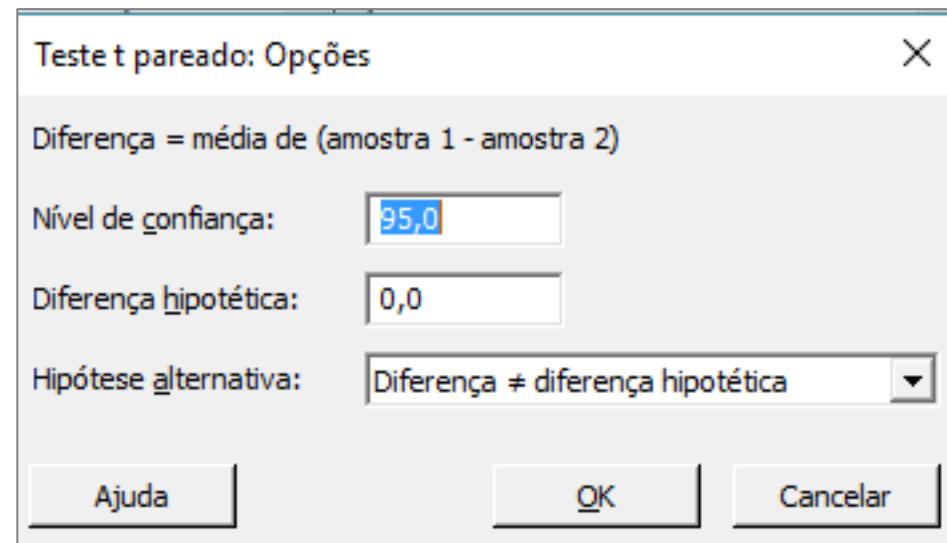
- ❑ Selecione Stat > Estatísticas Básicas > Teste t pareado...
- ❑ Selecione Abaixo de 18 meses como Amostra 1: > Selecione Acima de 18 meses como Amostra 2: > Clique em Opções...



❖ Atividade Voitto Cars



- ❑ Confira se o Nível de confiança está em 95% > Escolha o teste \neq como Hipótese alternativa > clicar em OK duas vezes.



❖ Atividade Voitto Cars



- ❑ Importante: devemos garantir que as amostras são dependentes e provenientes de uma Distribuição Normal.

Teste T Pareado e IC: Abaixo de 18 meses; Acima de 18 meses

❑ Regra de decisão do teste:

- ❑ Se p-valor < α Rejeitar H_0
- ❑ Se p-valor $\geq \alpha$ Não rejeitar H_0
- ❑ Nível de significância $\alpha = 0,05$ (5%)

Estatísticas Descritivas

Amostra	N	Média	DesvPad	EP Média
Abaixo de 18 meses	45	74,793	3,097	0,462
Acima de 18 meses	45	83,411	2,790	0,416

Estimativa da diferença pareada

Média	DesvPad	EP Média	IC de 95% da diferença_μ
-8,618	4,356	0,649	(-9,926; -7,309)

diferença_μ: média de (Abaixo de 18 meses - Acima de 18 meses)

Teste

Hipótese nula H_0 : diferença_μ = 0

Hipótese alternativa H_1 : diferença_μ ≠ 0

Valor-T	Valor-p
-13,27	0,000

❖ Atividade Voitto Cars



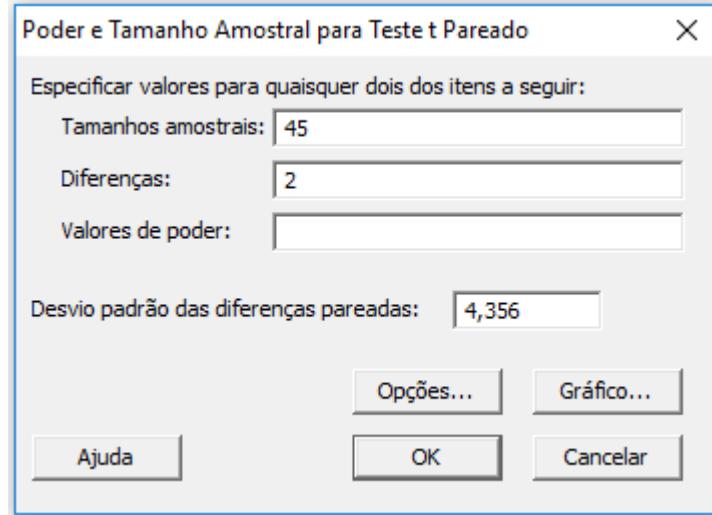
- Qual é o p-valor do teste?
- Com base na regra de decisão do teste, qual foi a conclusão do RH?
- Qual é o intervalo de confiança para a diferença média dos índices de produtividade? Explique.

- O p-valor é igual a zero.
- A hipótese nula é rejeitada, portanto os resultados dos colaboradores com mais de 18 meses de empresa são significativamente melhores.
- -9,9 a -7,3, o que significa que os colaboradores com menos de 18 meses de empresa possuem uma performance no índice de produtividade que fica de 7,3 pontos percentuais a 9,9 pontos percentuais abaixo dos colaboradores com mais tempo de empresa.

❖ Atividade Voitto Cars



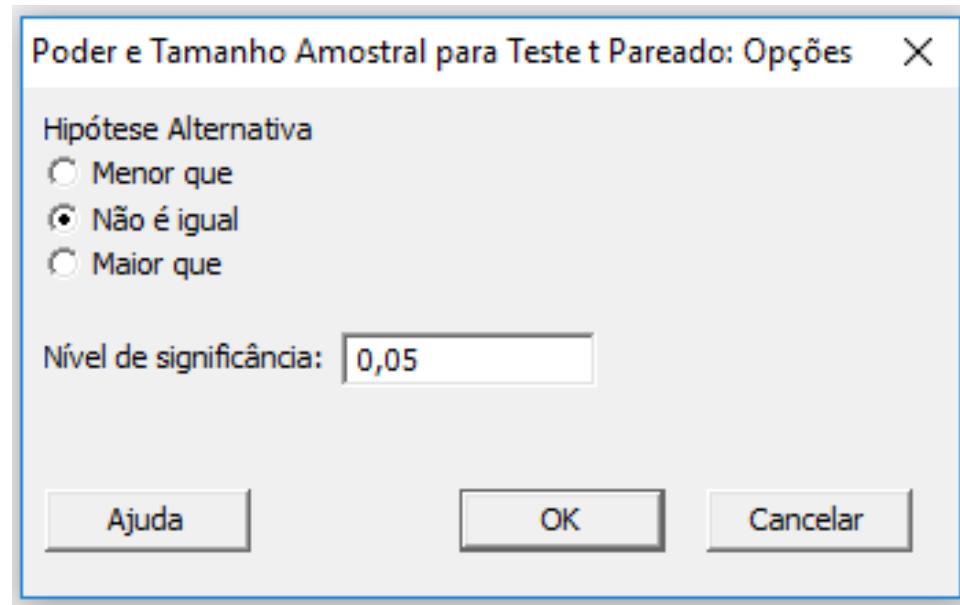
- ❑ Vamos calcular o poder do teste para a Atividade Voitto Cars, considerando que uma variação menor que 2 no índice de produtividade médio não seja considerada significativa.
- ❑ Selecione Stat > Poder e Tamanho Amostral > Teste t pareado...
- ❑ Digite 45 em Tamanhos Amostrais > Digite 2 em Diferenças > Digite 4,356 em Desvio Padrão.



❖ Atividade Voitto Cars



- ❑ Selecione Opções... > Em Hipótese Alternativa clique em Não é igual > Digite 0,05 em Nível de significância > Clicar em OK duas vezes.



❖ Atividade Voitto Cars



Poder e Tamanho de Amostra

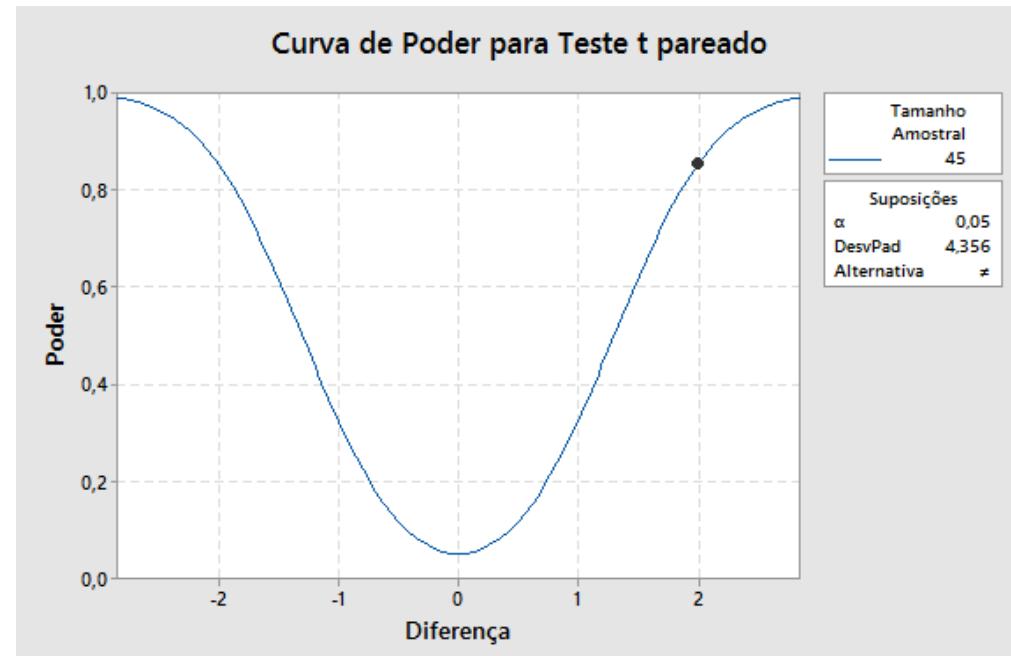
Teste t pareado

Teste de diferença pareada de média = 0 (versus $\neq 0$)

Cálculo do poder para a diferença pareada da média = diferença
 $\alpha = 0,05$ Desvio padrão assumido das diferenças pareadas = 4,356

Resultados

Diferença	Tamanho Amostral	Poder
2	45	0,853634



❖ **Atividade Voitto Cars**



Teste para 1 proporção

Além de monitorar a produtividade dos operadores, a empresa **Voitto Cars** também acompanha de perto o índice de refugo de peças produzidas. A empresa estabelece como meta um índice de refugo igual ou menor que 2%. Um Black Belt deseja verificar se as melhorias que ele realizou no processo e nos equipamentos resultaram em um índice dentro da meta da empresa. Uma amostra aleatória de 130 peças foi coletada e avaliada. Na amostra, 6 peças foram consideradas defeituosas e, consequentemente, refugadas.

❖ Atividade Voitto Cars



Teste para 1 proporção

Através do teste para 1 proporção podemos comparar o resultado da amostra com o valor de referência do índice de refugo.

- H_0 : proporção de peças refugadas na amostra = 2%**
- H_A : proporção de peças refugadas na amostra \neq 2%**

❖ Atividade Voitto Cars



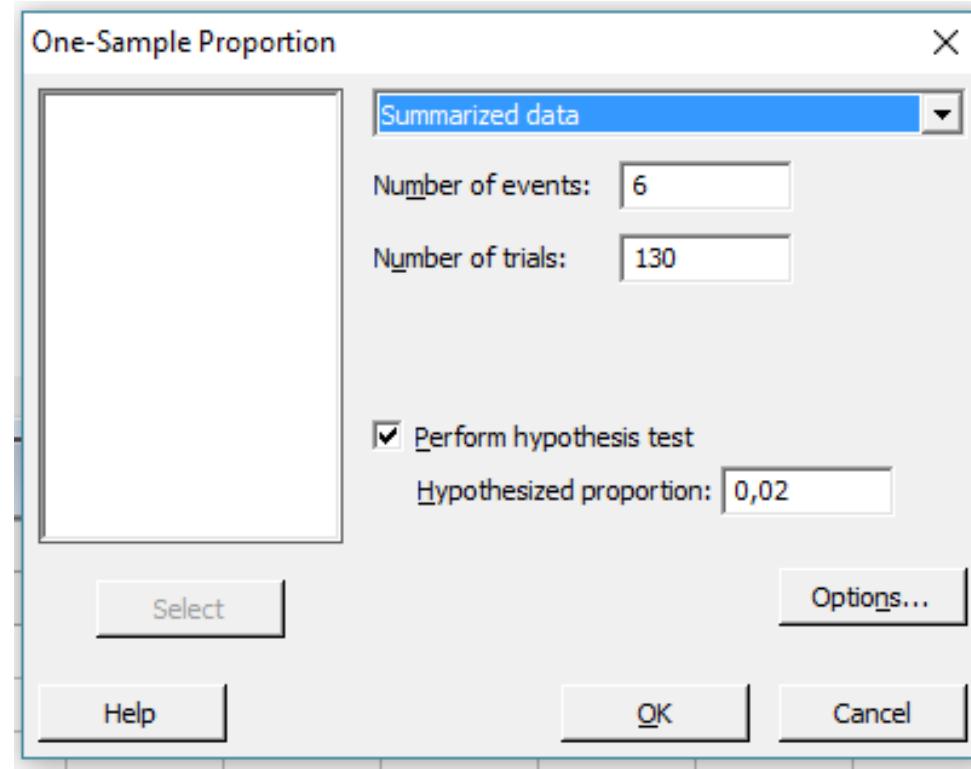
□ Selecione Stat > Estatísticas Básicas > Teste para 1 Proporção...

The screenshot shows the Minitab software interface. The menu bar at the top includes 'Estat', 'Gráfico', 'Editor', 'Ferramentas', 'Janela', 'Ajuda', and 'Assistente'. The 'Estat' menu is open, revealing a list of statistical methods. The 'Estatísticas Básicas' option is selected, highlighted with a blue background. Under this option, the 'Teste para 1 Proporção...' command is also highlighted with a blue background, indicating it is the intended selection. Other options listed under 'Estatísticas Básicas' include 'Exibição de Estatísticas Descritivas...', 'Armazenamento de Estatísticas Descritivas...', 'Sumário Gráfico...', 'Teste Z para 1 Amostra...', 'Teste t para 1 Amostra...', 'Teste t para 2 Amostras...', 'Teste t pareado...', 'Teste para 2 Proporções...', 'Teste da Taxa de Poisson para 1 Amostra...', 'Teste da Taxa de Poisson para 2 Amostras...', and 'Teste para 1 Variância...'. The rest of the menu items are in a standard black font.

❖ Atividade Voitto Cars



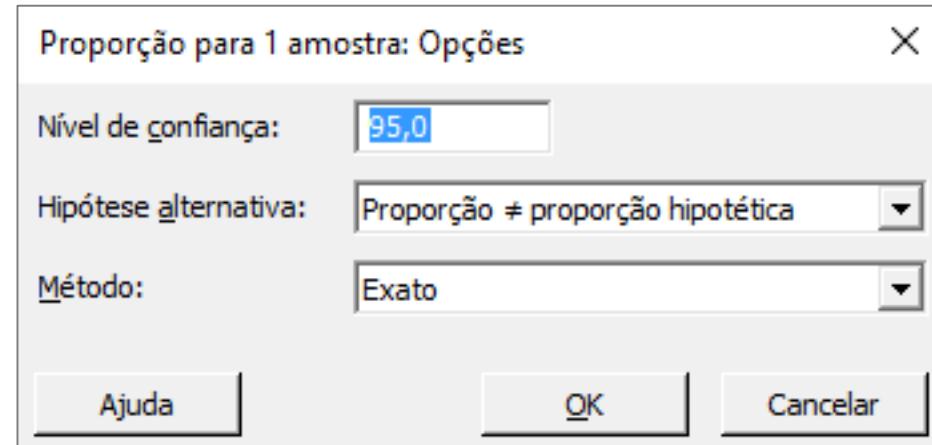
- ❑ Selecione Dados summarizados > Digite 6 em Número de eventos: > Digite 130 em Número de ensaios: > Clique em realizar teste de hipóteses > Digite 0,02 em Proporção hipotética: > Clique em Opções...



❖ Atividade Voitto Cars



- ❑ Confira se o Nível de confiança está em 95% > Escolha o teste ≠ como Hipótese alternativa > clicar em OK duas vezes.



❖ Atividade Voitto Cars



- ❑ Regra de decisão do teste:
 - ❑ Se p-valor < α Rejeitar H_0
 - ❑ Se p-valor $\geq \alpha$ Não rejeitar H_0
- ❑ Nível de significância $\alpha = 0,05$ (5%)

Test and CI for One Proportion						
Test of $p = 0,02$ vs $p \neq 0,02$						
Sample	X	N	Sample p	95% CI	Exact P-Value	
1	6	130	0,046154	(0,017123; 0,097750)	0,120	

❖ Atividade Voitto Cars



Teste para 2 proporções

Surpreso com o resultado da primeira amostra de 130 peças, o Black Belt estabeleceu a hipótese de que os dois turnos da empresa teriam resultados distintos.

Portanto, um turno poderia estar fora da meta desejada pela empresa, mas outro turno estaria dentro da meta.

O Black Belt realizou nova coleta de amostras, sendo avaliadas 580 peças do primeiro turno, sendo 18 peças refugadas, e 560 peças do segundo turno, sendo 7 peças refugadas.

❖ Atividade Voitto Cars



Teste para 2 proporções

Através do teste para 2 proporções podemos comparar o resultado das duas amostras e verificar se o resultado é significativamente distinto, além de observar se algum turno está dentro da meta definida para o índice de refugo.

- H_0 : proporção de peças refugadas no 1º turno = proporção de peças refugadas no 2º turno**
- H_A : proporção de peças refugadas no 1º turno ≠ proporção de peças refugadas no 2º turno**

❖ Atividade Voitto Cars



Teste para 2 proporções

Para realização do teste são coletadas amostras dos elementos das duas populações e observada a proporção de elementos que possuem alguma característica de interesse.

O teste é válido se o tamanho da amostra de cada população vezes a proporção da característica de interesse for maior ou igual a 5.

$n_1 * p_1 = 580 * 0,031 = 18$ (OK)

$n_1 * (1 - p_1) = 580 * 0,969 = 562$ (OK)

$n_2 * p_2 = 560 * 0,0125 = 7$ (OK)

$N_2 * (1 - p_2) = 560 * 0,95 = 533$ (OK)

❖ Atividade Voitto Cars



Selecione Stat > Estatísticas Básicas > Teste para 2 Proporções...

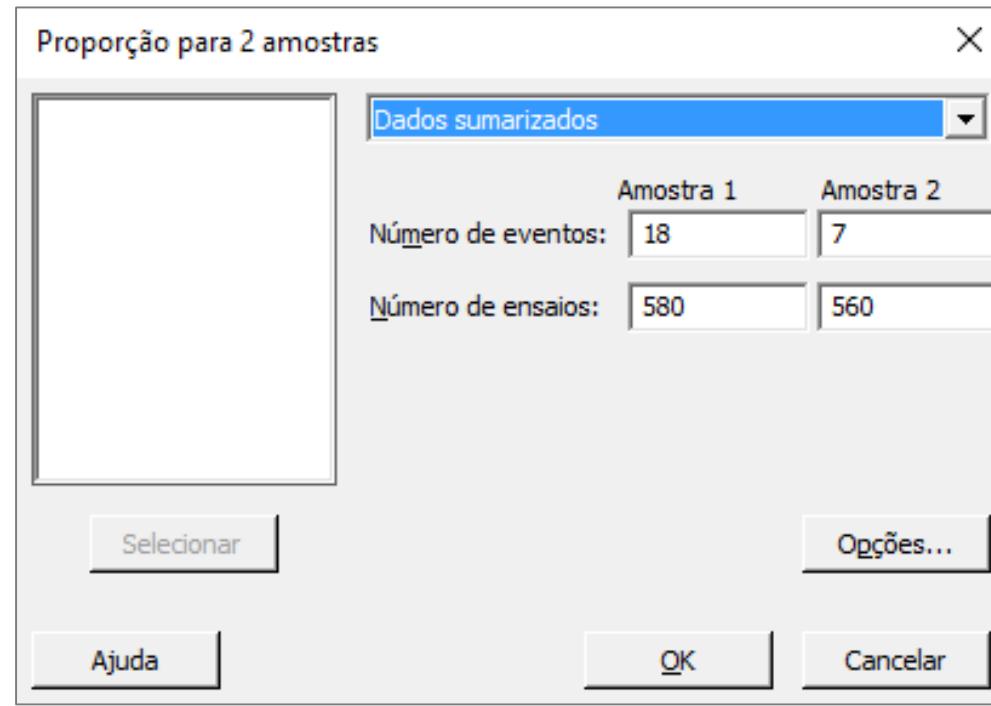
The screenshot shows the Minitab software interface with the following menu path highlighted:

- Estat
- Gráfico
- Editor
- Ferramentas
- Janela
- Ajuda
- Assistente
- Estatísticas Básicas
- Regressão
- ANOVA
- DOE (Planejamento de Experimento)
- Cartas de Controle
- Ferramentas da Qualidade
- Confiabilidade/Sobrevivência
- Multivariada
- Séries Temporais
- Tabelas
- Não-Paramétricos
- Testes de Equivalência
- Poder e Tamanho de Amostra
- Exibição de Estatísticas Descritivas...
- Armazenamento de Estatísticas Descritivas...
- Sumário Gráfico...
- Teste Z para 1 Amostra...
- Teste t para 1 Amostra...
- Teste t para 2 Amostras...
- Teste t pareado...
- Teste para 1 Proporção...
- Teste para 2 Proporções... **(Selected)**
- Teste da Taxa de Poisson para 1 Amostra...
- Teste da Taxa de Poisson para 2 Amostras...
- Teste para 1 Variância...

❖ Atividade Voitto Cars



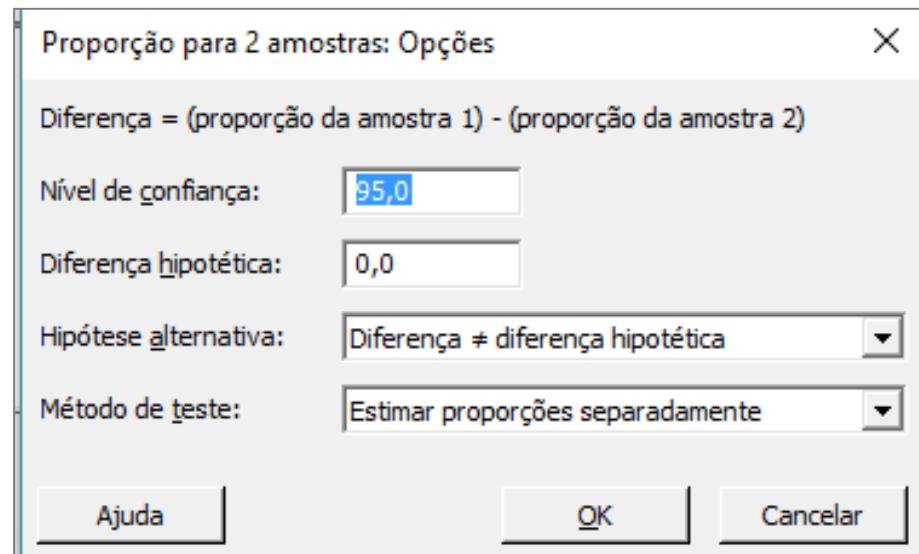
- ❑ Selecione Dados summarizados > Digite 18 em Número de eventos da Amostra 1
> Digite 7 em Número de eventos da Amostra 2 > Digite 580 em Número de ensaios da Amostra 1 > Digite 560 em Número de ensaios da Amostra 2 >
Clique em Opções...



❖ Atividade Voitto Cars



- ❑ Confira se o Nível de confiança está em 95% > Escolha o teste ≠ como Hipótese alternativa > clicar em OK duas vezes.



❖ Atividade Voitto Cars



Teste e IC para Duas Proporções

Regra de decisão do teste:

- Se p-valor < α Rejeitar H_0
 - Se p-valor $\geq \alpha$ Não rejeitar H_0
- Nível de significância $\alpha = 0,05$ (5%)

Método

p_1 : proporção onde Amostra 1 = Evento

p_2 : proporção onde Amostra 2 = Evento

Diferença = $p_1 - p_2$

Estatísticas Descritivas

Amostra	N	Evento	Amostra p
Amostra 1	580	18	0,031034
Amostra 2	560	7	0,012500

Estimativa da diferença

Diferença	IC de 95% para a Diferença
0,0185345	(0,001687; 0,035382)

IC com base na aproximação normal

Teste

Hipótese nula $H_0: p_1 - p_2 = 0$

Hipótese alternativa $H_1: p_1 - p_2 \neq 0$

Método	Valor-Z	Valor-p
Aproximação normal	2,16	0,031
Exato de Fisher		0,042

❖ Atividade Voitto Cars



- Qual é o p-valor do teste?
- Podemos afirmar que o primeiro turno possui resultado significativamente distinto em relação ao segundo turno? Qual turno está dentro da meta?

- O p-valor é igual a 0,042, o que significa que a hipótese nula foi rejeitada.
 - Sim. Podemos afirmar que o primeiro turno possui resultado significativamente pior que o segundo turno. Com 95% de confiança podemos dizer que a diferença de performance entre os turnos fica dentro do intervalo de 0,17 pontos percentuais a 3,5 pontos percentuais.
- Nenhum dos dois turnos estão dentro da meta, pois um teste de hipóteses para 1 proporção de cada turno isoladamente demonstra que não temos evidências suficientes para dizer que algum turno esteja abaixo de 2%.



Módulo 4

DMAIC: Fase Análise

- Lição 1: Revisando as etapas do projeto: Definição e Medição;*
- Lição 2: Descrição da Fase Análise;*
- Lição 3: FMEA;*
- Lição 4: Mapa de Análise Estatística;*
- Lição 5: Correlação e Diagrama de Dispersão;*



Módulo 4

DMAIC: Fase Análise

- Lição 6: Regressão Linear Simples;*
- Lição 7: Teste de Hipóteses;*
- Lição 8: ANOVA – Análise de Variância;***
- Lição 9: Cartas Multi-Vari;*
- Lição 10: Teste do Qui-Quadrado;*
- Consolidando o Conhecimento.*

❖ ANOVA – Análise de Variância



- ❑ A análise de variância é uma técnica estatística utilizada para estudar as diferenças entre médias de duas ou mais populações.
 - ❑ A hipótese nula é que todas as médias são iguais, enquanto a hipótese alternativa considera que pelo menos uma média é diferente.
-
- ❑ H_0 : amostra 1 = amostra 2 = amostra 3
 - ❑ H_A : pelo menos uma amostra possui desempenho médio significativamente diferente

❖ **Atividade Voitto Labs**



Outro fator identificado durante o projeto, como uma possível causa, é a diferença de desempenho das linhas de produção. Na Voitto Labs, o layout na área de produção é separado em quatro linhas: Verde, Azul, Vermelha e Amarela. A Linha Vermelha, por exemplo, recebe os tubos coletados para exames hematológicos e a Linha Azul recebe os tubos coletados para exames parasitológicos e de uroanálise.

O Green Belt fará uma Análise de Variância para determinar se o desempenho médio das linhas é igual ou se pelo menos uma linha possui desempenho significativamente diferente das outras.

- H_0 : Linha Verde = Linha Azul = Linha Amarela = Linha Vermelha**
- H_A : pelo menos um desempenho médio é significativamente diferente**

❖ Atividade Voitto Labs



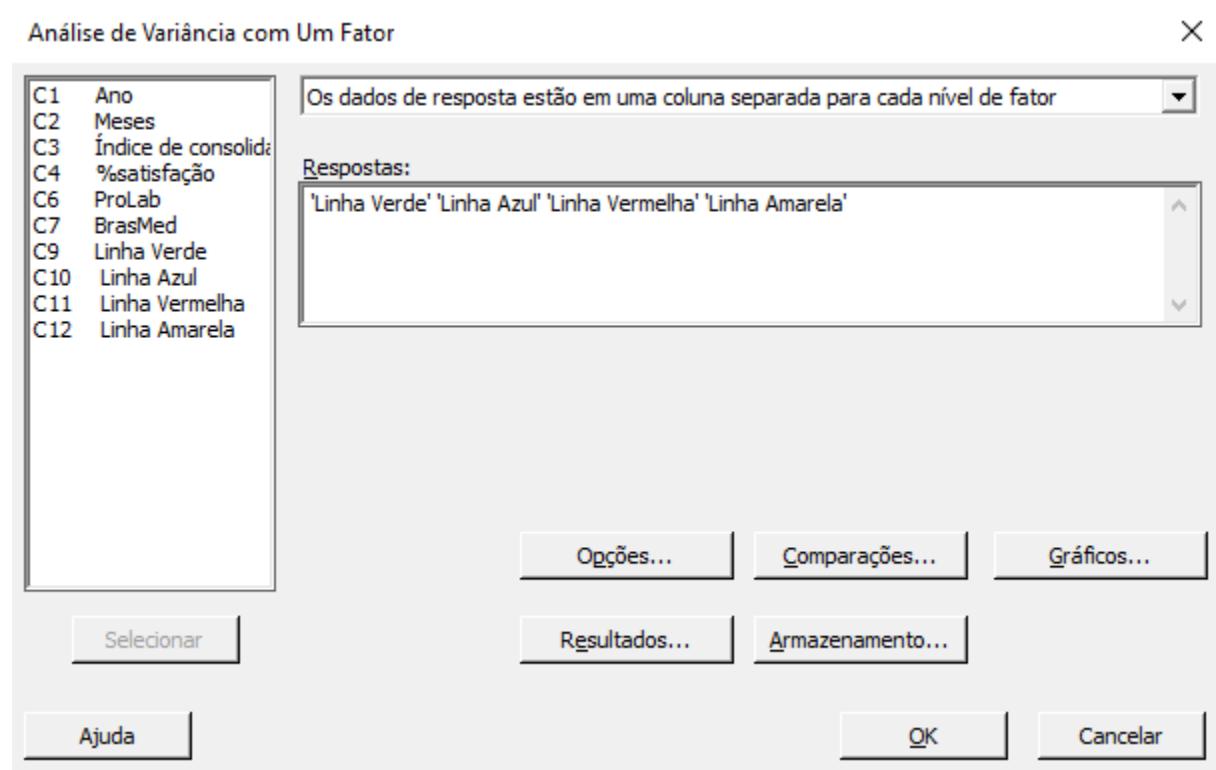
Selecione Stat > ANOVA > Um fator...

A screenshot of the Minitab software interface. The menu bar at the top includes Estat, Gráfico, Editor, Ferramentas, Janela, Ajuda, and Assistente. The 'Estat' menu is open, revealing various statistical categories. The 'ANOVA' category is highlighted with a blue selection bar. Under 'ANOVA', the 'Um fator...' option is also highlighted with a blue selection bar. Other options listed under 'ANOVA' include 'Análise de Médias...', 'ANOVA Balanceada...', 'Modelo Linear Generalizado', 'Modelo de Efeitos Mistos', 'ANOVA Completamente Aninhada...', 'MANOVA Generalizada...', 'Teste de igualdade de Variâncias...', 'Gráfico de Intervalos...', and 'Gráfico de Efeitos Principais...'. The rest of the menu categories like 'Estatísticas Básicas', 'Regressão', 'DOE (Planejamento de Experimento)', etc., are visible but not selected.

❖ Atividade Voitto Labs



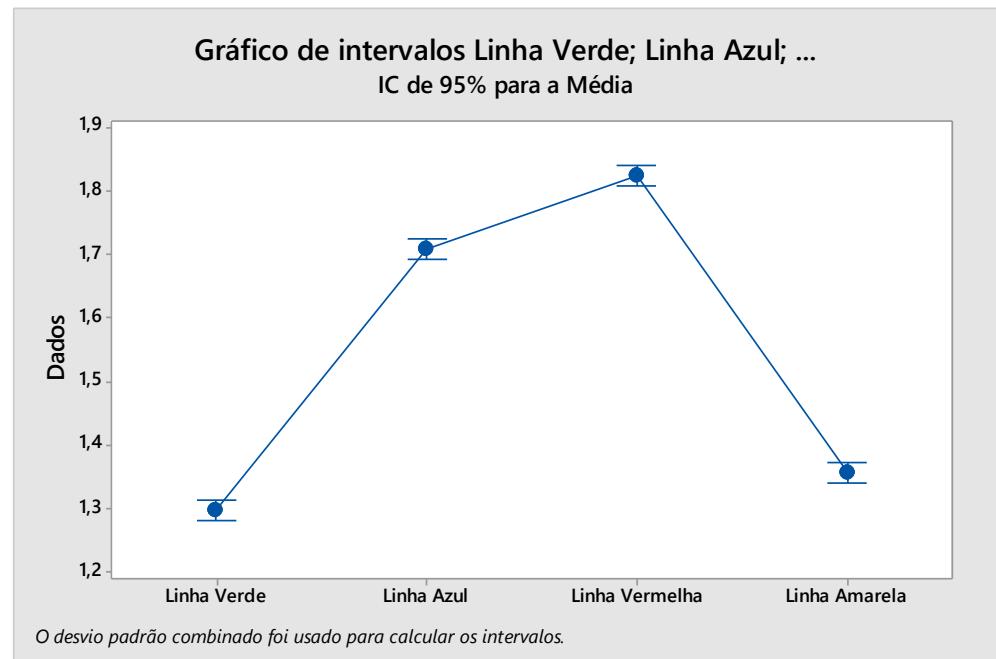
- ❑ Escolha a opção Os dados estão em uma coluna separada para cada nível de fator > Selecione as quatro Linhas como variáveis no campo Respostas > clicar em OK.



❖ Atividade Voitto Labs



- Regra de decisão do teste:
 - Se p-valor < α Rejeitar H_0
 - Se p-valor $\geq \alpha$ Não rejeitar H_0
- Nível de significância $\alpha = 0,05$ (5%)



❖ Atividade Voitto Labs



ANOVA com um fator: Linha Verde; Linha Azul; Linha ... Linha Amarela

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
Fator	4	Linha Verde; Linha Azul; Linha Vermelha; Linha Amarela

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Fator	3	7,3236	2,44120	954,85	0,000
Erro	140	0,3579	0,00256		
Total	143	7,6815			

Sumário do Modelo

S	R2	R2(aj)	R2(pred)
0,0505631	95,34%	95,24%	95,07%

Médias

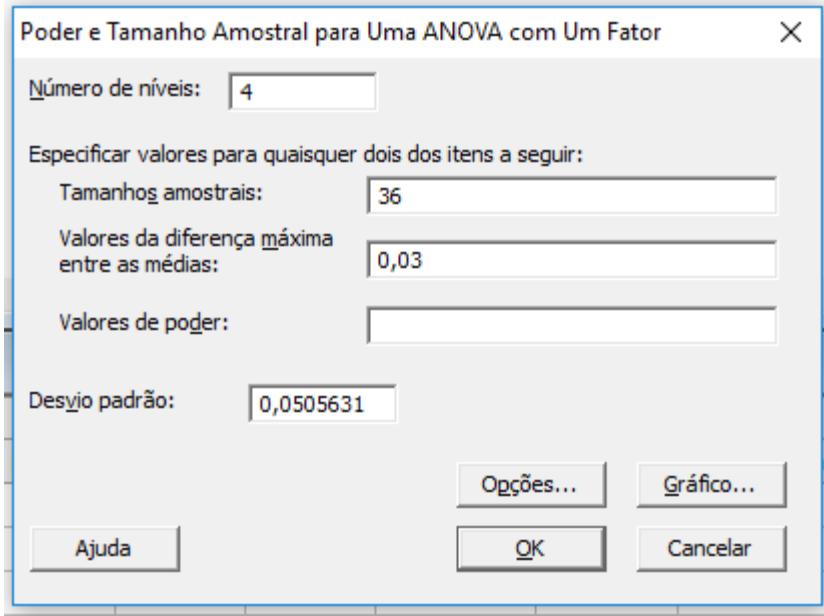
Fator	N	Média	DesvPad	IC de 95%
Linha Verde	36	1,29589	0,05650	(1,27923; 1,31255)
Linha Azul	36	1,70922	0,05319	(1,69256; 1,72588)
Linha Vermelha	36	1,82556	0,04931	(1,80890; 1,84222)
Linha Amarela	36	1,35604	0,04211	(1,33938; 1,37270)

DesvPad Combinado = 0,0505631

❖ Atividade Voitto Labs



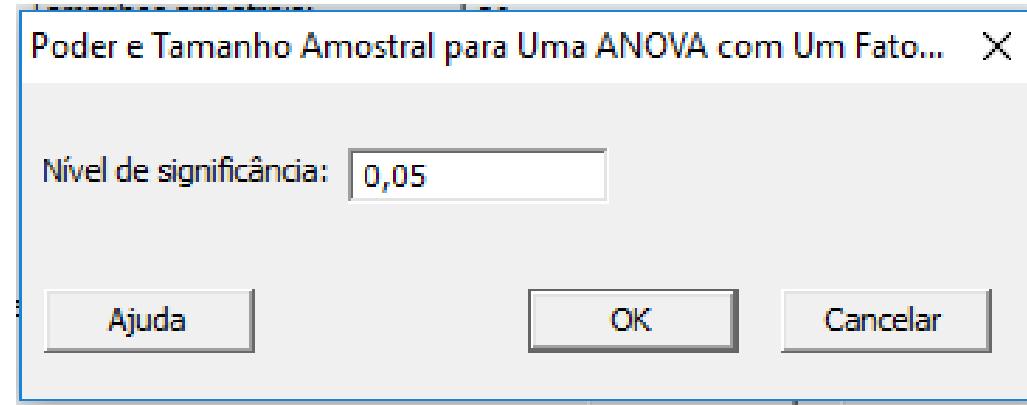
- ❑ Após a análise dos resultados o Green Belt decidiu verificar o poder do teste realizado, considerando uma variação menor que 0,03 como não significativa.
- ❑ Selecione Stat > Poder e Tamanho Amostral > ANOVA para 1 Fator...
- ❑ Em Número de níveis digite 4 > Digite 36 em Tamanhos amostrais > Digite 0,03 em Valores da diferença máxima entre as médias > Digite 0,0505631 em Desvio Padrão.



❖ Atividade Voitto Labs



- ❑ Selecione Opções... > Digite 0,05 em Nível de significância > Clicar em OK duas vezes.



❖ Atividade Voitto Labs



Poder e Tamanho de Amostra

ANOVA com um fator

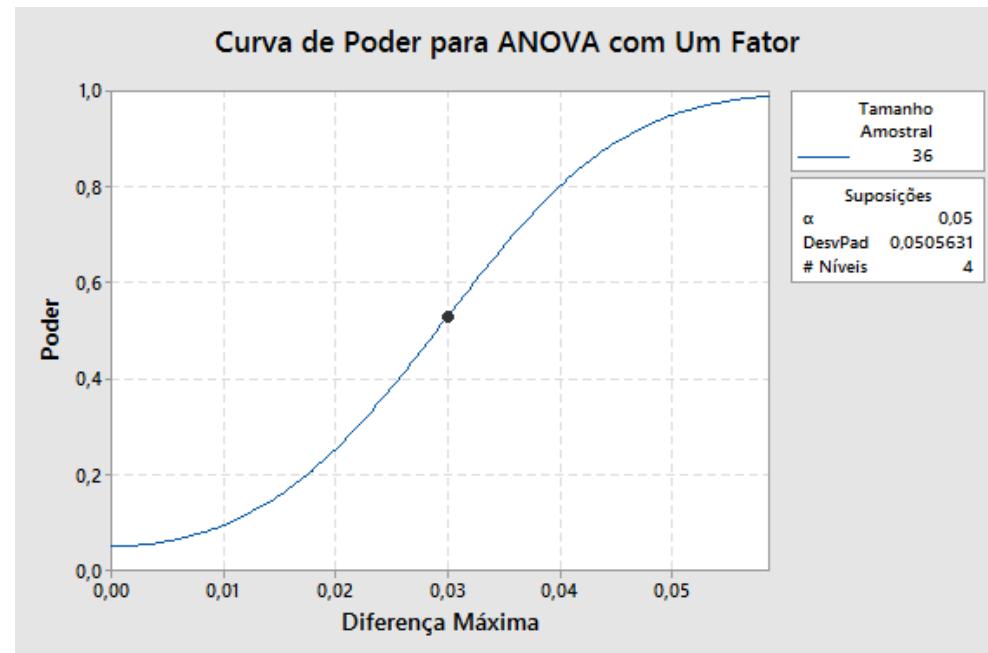
$\alpha = 0,05$ Desvio padrão assumido = 0,0505631

Fatores: 1 Número de níveis: 4

Resultados

Diferença Máxima	Tamanho Amostral	Poder
0,03	36	0,530132

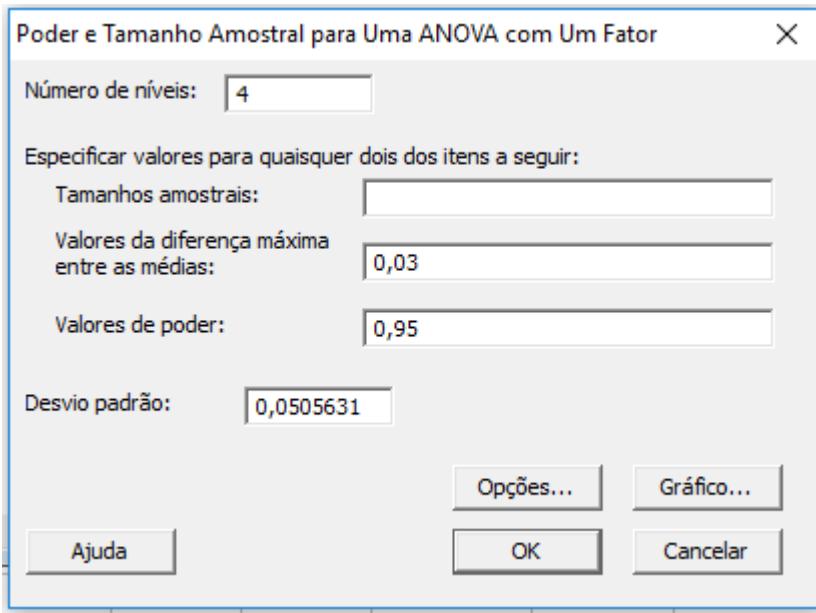
O tamanho amostral é para cada nível.



❖ Atividade Voitto Labs



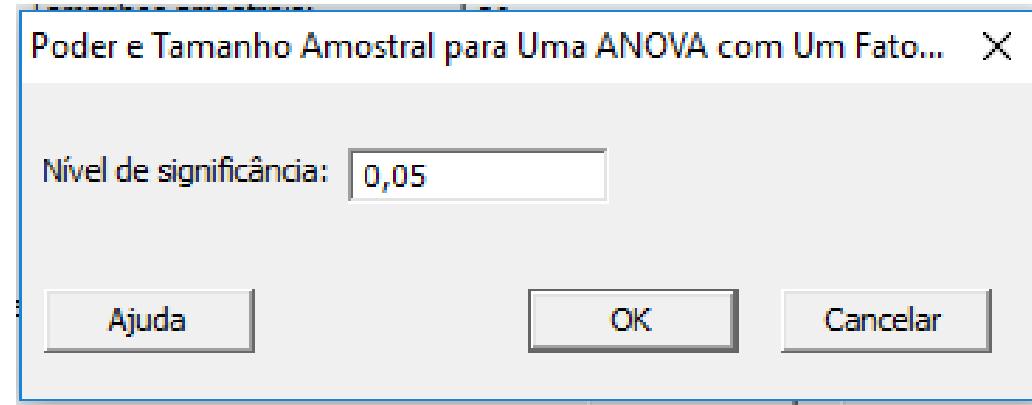
- ❑ Com um valor de poder igual a 0,53, o Green Belt resolveu calcular um tamanho adequado de amostra para obter um teste de poder igual a 0,95.
- ❑ Selecione Stat > Poder e Tamanho Amostral > ANOVA para 1 Fator...
- ❑ Em Número de níveis digite 4 > Digite 0,03 em Valores da diferença máxima entre as médias > Digite 0,95 em Valores de poder > Digite 0,0505631 em Desvio Padrão.



❖ Atividade Voitto Labs



- ❑ Selecione Opções... > Digite 0,05 em Nível de significância > Clicar em OK duas vezes.



❖ Atividade Voitto Labs



Poder e Tamanho de Amostra

ANOVA com um fator

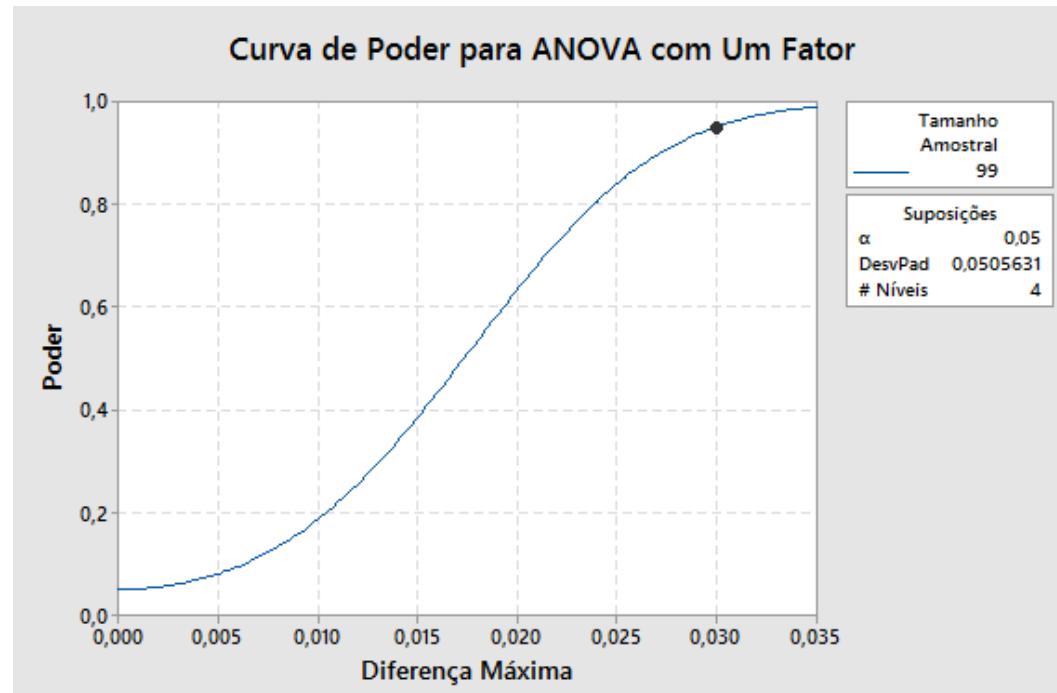
$\alpha = 0,05$ Desvio padrão assumido = 0,0505631

Fatores: 1 Número de níveis: 4

Resultados

Diferença Máxima	Tamanho Amostral	Poder Alvo	Poder Real
0,03	99	0,95	0,950976

O tamanho amostral é para cada nível.





Módulo 4

DMAIC: Fase Análise

- Lição 1: Revisando as etapas do projeto: Definição e Medição;*
- Lição 2: Descrição da Fase Análise;*
- Lição 3: FMEA;*
- Lição 4: Mapa de Análise Estatística;*
- Lição 5: Correlação e Diagrama de Dispersão;*



Módulo 4

DMAIC: Fase Análise

- Lição 6: Regressão Linear Simples;*
- Lição 7: Teste de Hipóteses;*
- Lição 8: ANOVA – Análise de Variância;*
- Lição 9: Cartas Multi-Vari;***
- Lição 10: Teste do Qui-Quadrado;*
- Consolidando o Conhecimento.*



❖ *Estudos “Multi-Vari”*

□ O objetivo do estudo é ilustrar por meio de **cartas “multi-vari”** como a variação nas variáveis de entrada impactam na saída (resultado de interesse). Além disso, separar variações por causas comuns de variações por causas especiais.

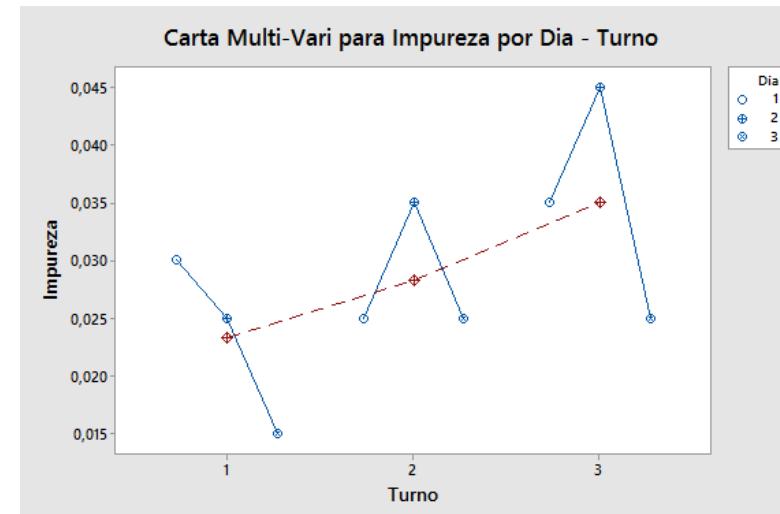
“Multi-Vari”

□ Início dos estudos dos efeitos de variáveis controláveis e não controláveis (ruído) nas saídas do processo.



❖ Gráficos “Multi-Vari”

- ❑ São gráficos que fornecem resumos dos dados e revelam a magnitude de contribuição das fontes de variação no seu processo.
- ❑ Por ser uma forma de representar as variâncias dos dados, é uma alternativa visual para a análise de variância.





❖ *Exemplo - Estudos “Multi-Vari”*

- ❑ O Green Belt de uma grande empresa na área de aditivos deseja avaliar o % de impureza de alguns de seus produtos. Para isso é necessário avaliar o efeito que as entradas (variáveis controláveis e ruídos) proporcionam na variável de saída, no caso % de impureza.
- ❑ Como padrão interno da empresa para a qualidade, o **limite máximo para o teor de impureza deve ser de 7%**.
- ❑ As variáveis de entrada que serão estudadas são:
 - Dia;
 - Turno;
 - Períodos dentro do turno.



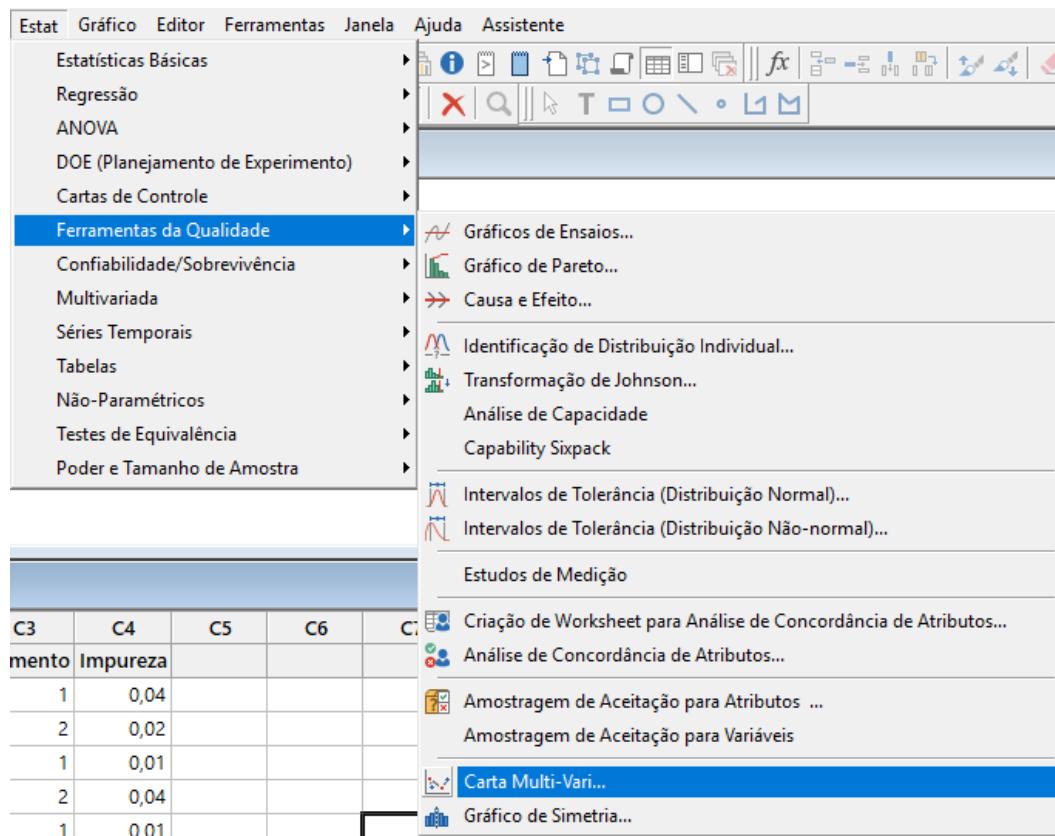
❖ *Exemplo - Estudos “Multi-Vari”*

- ❑ Os subgrupos racionais criados para a amostragem foram: amostras coletadas durante 3 dias de produção, durante os 3 turnos de funcionamento em 2 momentos diferentes dentro de cada turno.
- ❑ Quais são as principais variáveis que explicam a variação no % de impurezas?
- ❑ Abra o arquivo “Atividade MultiVari.MTW”.

❖ Exemplo - Estudos “Multi-Vari”

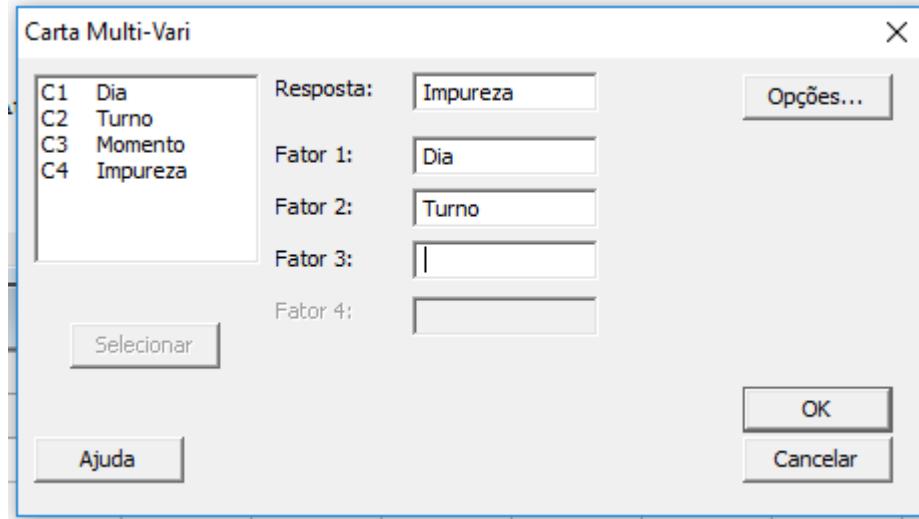
▪ Gráficos “Multi-Vari”

- Selecione Stat > Ferramentas de Qualidade > Carta Multi-Vari...



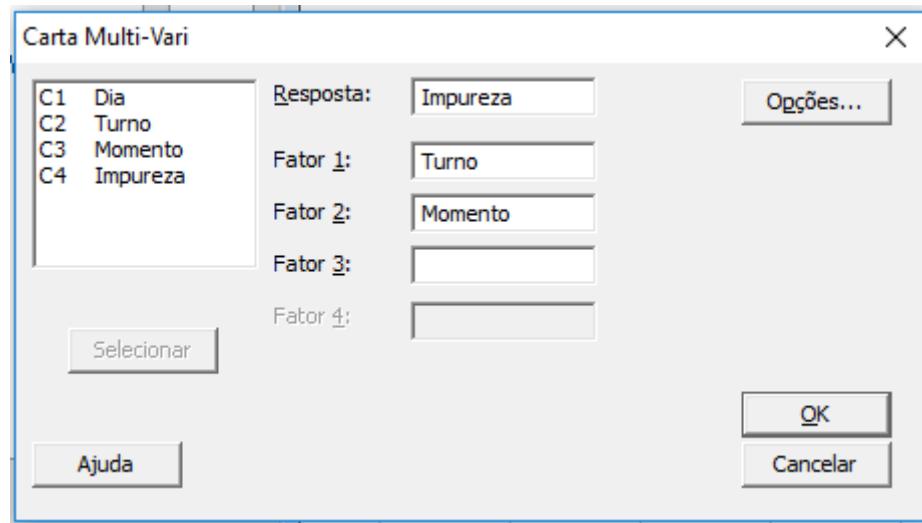
❖ Exemplo - Estudos “Multi-Vari”

- ❑ Selecione a varável Impureza no campo Resposta;
- ❑ Selecione a variável Dia no campo Fator 1, a variável Turno no campo Fator 2 > clicar em OK.

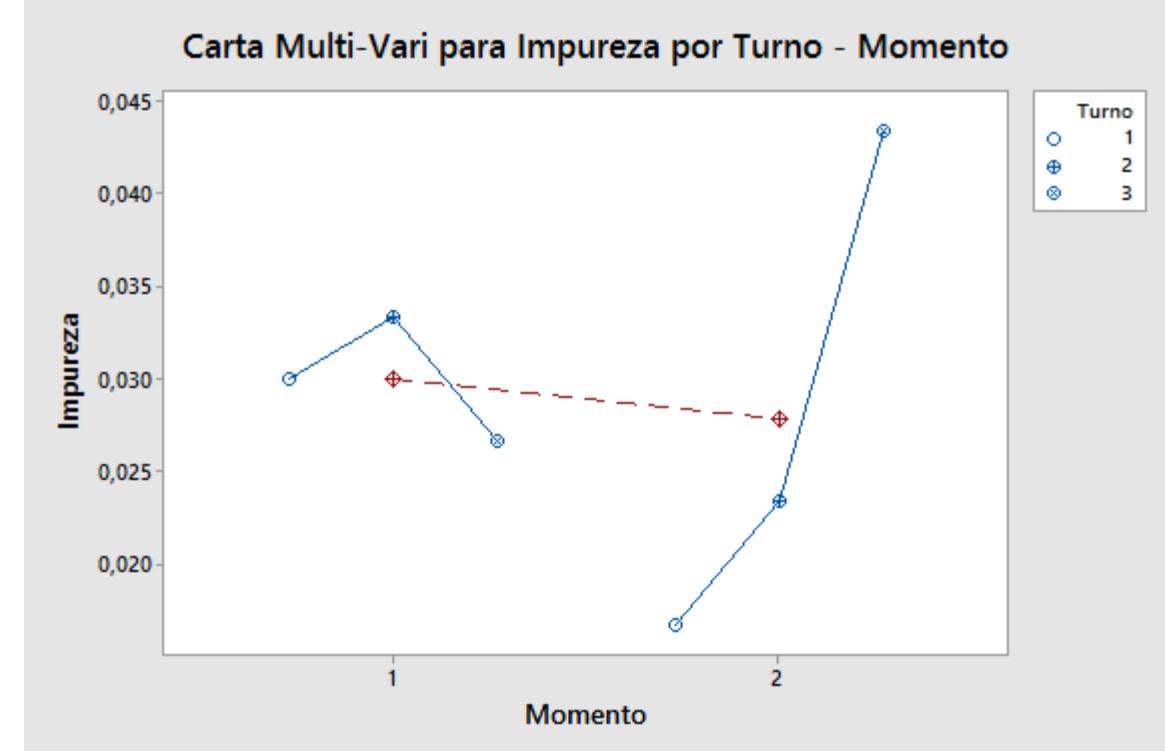
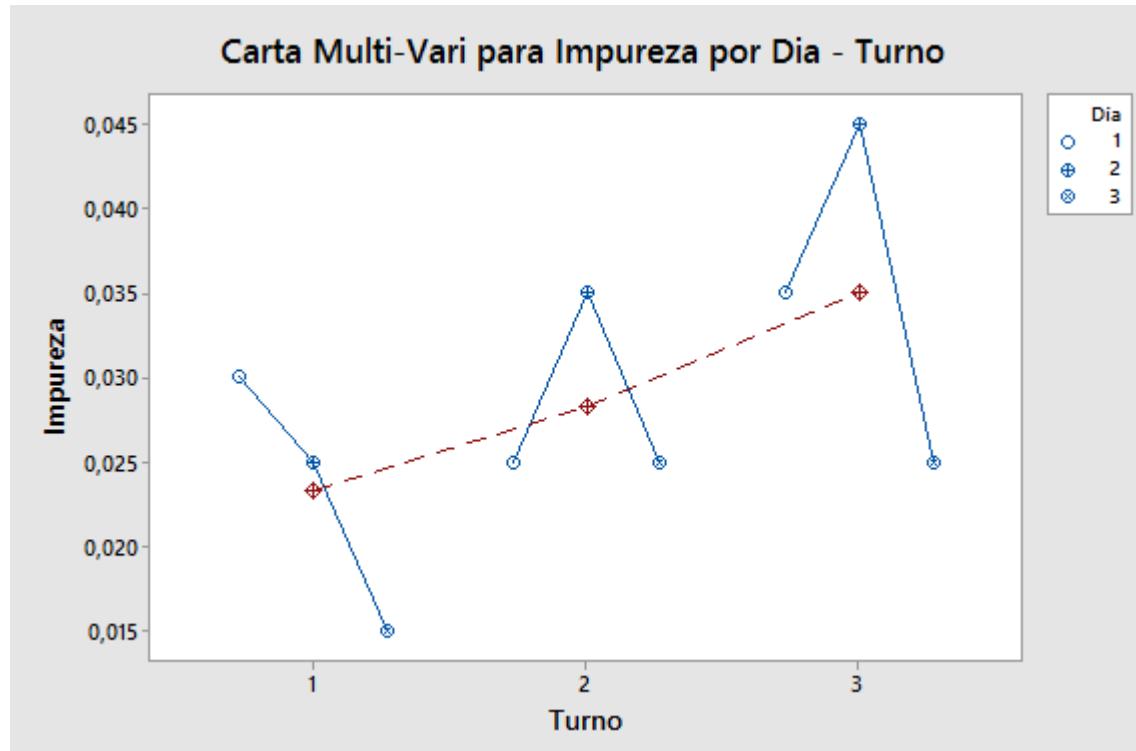


❖ Exemplo - Estudos “Multi-Vari”

- Repita o procedimento conforme a figura abaixo:



❖ Exemplo - Estudos “Multi-Vari”



❖ *Exemplo - Estudos “Multi-Vari”*



□ Quais são as principais variáveis que explicam a variação no % de impurezas?

- Vimos que o turno é o principal condutor da variabilidade, sendo que entre os turnos existe uma diferença de variabilidade média menor mas dentro de cada turno os valores alteraram de forma mais significativa nos 3 dias e no momento 2.
- A variável turno é potencialmente um fonte de variação do impureza, sendo necessário investigar o que ocorre dentro de cada turno.



Módulo 4

DMAIC: Fase Análise

- Lição 1: Revisando as etapas do projeto: Definição e Medição;*
- Lição 2: Descrição da Fase Análise;*
- Lição 3: FMEA;*
- Lição 4: Mapa de Análise Estatística;*
- Lição 5: Correlação e Diagrama de Dispersão;*



Módulo 4

DMAIC: Fase Análise

- Lição 6: Regressão Linear Simples;*
- Lição 7: Teste de Hipóteses;*
- Lição 8: ANOVA – Análise de Variância;*
- Lição 9: Cartas Multi-Vari;*
- Lição 10: Teste do Qui-Quadrado;***
- Consolidando o Conhecimento.*



❖ **Teste Qui-Quadrado**

Um **teste qui-quadrado** é utilizado quando o objetivo é saber se existem associações entre duas ou mais variáveis em um estudo, sendo elas variáveis discretas.

Através do teste podemos avaliar a significância estatística da associação entre as variáveis consideradas, conforme as hipóteses abaixo:

- H_0 : Não há associação entre as variáveis.**
- H_A : Há associação entre as variáveis.**

Para isso é necessário, inicialmente estabelecermos as variáveis do estudo e construir uma tabulação cruzada ou tabela de contingência.



❖ Teste Qui-Quadrado

Na tabulação cruzada a distribuição de frequência de uma variável é subdividida de acordo com os valores ou categorias das outras variáveis, ou seja, a amostra é dividida para que se verifique como a variável se comporta de um grupo para outro.

Veja o exemplo da pesquisa abaixo:

Você compra refrigerante na farmácia?	Sexo		TOTAL
	Masculino	Feminino	
Sim	190	120	310
Não	60	130	190
TOTAL	250	250	500



❖ *Teste Qui-Quadrado*

A **estatística qui-quadrado (χ^2)** é uma medida da diferença entre os números verdadeiros observados (O_i), e os números esperados (E_i). Quanto mais próximos os valores observados estiverem dos valores esperados, menor será o grau de associação entre as variáveis.

$$\square \quad \chi^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

O_i = número observado na célula i .

E_i = número esperado na célula i .



❖ Teste Qui-Quadrado

No exemplo da pesquisa, observamos os valores abaixo:

- Valores observados *versus* valores esperados para a resposta SIM

$$O_1 = 190 \quad E_1 = 155$$

$$O_2 = 120 \quad E_2 = 155$$

- Valores observados *versus* valores esperados para a resposta NÃO

$$O_3 = 60 \quad E_3 = 95$$

$$O_4 = 130 \quad E_4 = 95$$

O resultado da estatística qui-quadrado para o exemplo é $\chi^2 = 41,59$ e p-valor = 0.

Isso significa que a hipótese nula é rejeitada e concluímos que existe associação entre as duas variáveis. O sexo influência a escolha pela compra de refrigerantes na farmácia.

❖ **Atividade Voitto Labs**



Um engenheiro da Voitto Labs suspeita que o volume de exames que são reprocessados está relacionado à linha de produção. Observando a área onde os exames são processados, o engenheiro percebeu que a linha vermelha aparentemente possui uma frequência maior de reprocessamentos. O objetivo nesse momento é confirmar a suspeita do engenheiro e avaliar se existe uma relação com as linhas verde, azul e amarela.

No período de 15 dias, foram registrados se houve ou não reprocessamentos em cada uma das quatro linhas de produção da empresa. A partir da coleta dos dados, criou-se uma tabela de contingência contendo a classificação do reprocessamento (Sim/Não) e a linha de produção onde ocorreu. O Teste Qui-Quadrado comprovará a dependência ou não entre as duas variáveis.

Abrir o arquivo “Voitto Labs 2.MTW”.

❖ Atividade Voitto Labs



- ❑ Selecione Stat > Tabelas > Tabulação Cruzada e Qui-Quadrado...

A screenshot of the Minitab software interface. The menu bar at the top includes 'Estat', 'Gráfico', 'Editor', 'Ferramentas', 'Janela', 'Ajuda', and 'Assistente'. Below the menu bar is a toolbar with various icons. The main window shows a list of statistical analysis options under the 'Estat' menu. The 'Tabelas' option is highlighted with a blue selection bar. Under 'Tabelas', three sub-options are listed: 'Contagem Individual de Variáveis...', ' χ^2 Teste Qui-Quadrado para Associação...', and 'Tabulação Cruzada e Qui-Quadrado...'. The third option is also highlighted with a blue selection bar.

❖ Atividade Voitto Labs



- ❑ Selecione Linhas de Produção no campo Linhas > Selecione Reprocessamento no campo Colunas > Clicar em Contagens no campo Exibição.

Tabulação Cruzada e Qui-Quadrado X

Dados brutos (variáveis categóricas)

Linhas: 'Linha de Produção'

Colunas: Reprocessamento

Camadas:

Frequências: (opcional)

Exibição

Contagens

Percentuais de linha

Percentuais de coluna

Total de porcentagens

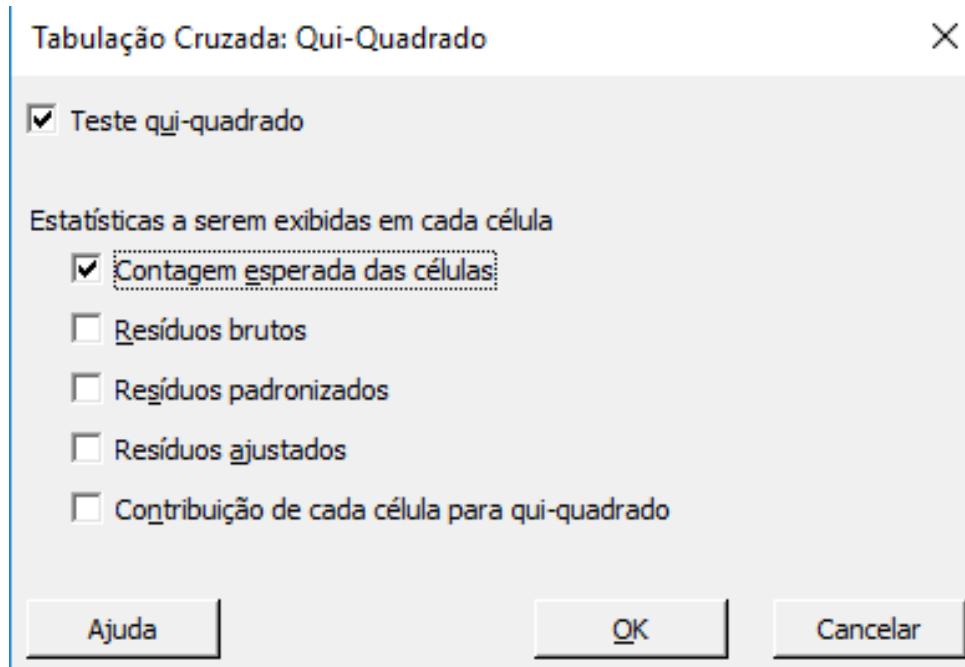
Selecionar Qui-Quadrado... Outras Estatísticas... Opções...

Ajuda OK Cancelar

❖ Atividade Voitto Labs



- ❑ Clicar em Qui-Quadrado... > Selecionar Teste Qui-Quadrado > Selecionar Contagem esperada das células > Clicar em OK duas vezes.



❖ Atividade Voitto Labs



Estatísticas Tabuladas: Linha de Produção; Reprocessamento

Linhas: Linha de Produção Colunas: Reprocessamento

	Não	Sim	Todos
Linha Amarela	5 8,250	10 6,750	15
Linha Azul	12 8,250	3 6,750	15
Linha Verde	12 8,250	3 6,750	15
Linha Vermelha	4 8,250	11 6,750	15
Todos	33	27	60

Conteúdo da Célula

Contagem

Contagem esperada

H_0 : Não há associação entre as variáveis/ não existe dependência.

H_A : Há associação entre as variáveis / existe dependência.

Regra de decisão do teste:

Se p-valor < **0,05** Rejeitar H_0

Se p-valor $\geq 0,05$ Não rejeitar H_0

Teste qui-quadrado

	Qui-Quadrado	GL	Valor-p
Pearson	15,286	3	0,002
Razão de verossimilhança	16,060	3	0,001

❖ Atividade Voitto Labs



- O Teste Qui-Quadrado comprovou dependência entre as variáveis? Explique.
- Quais linhas de produção geram maior quantidade de reprocessamento?

- p-valor = 0,001 ($p\text{-valor} < 0,05$), portanto existe dependência entre as variáveis e concluímos que o comportamento da variável X influênciia o resultado da variável Y.
- Linha amarela e Linha vermelha.



Módulo 4

DMAIC: Fase Análise

- Lição 1: Revisando as etapas do projeto: Definição e Medição;*
- Lição 2: Descrição da Fase Análise;*
- Lição 3: FMEA;*
- Lição 4: Mapa de Análise Estatística;*
- Lição 5: Correlação e Diagrama de Dispersão;*



Módulo 4

DMAIC: Fase Análise

- Lição 6: Regressão Linear Simples;*
- Lição 7: Teste de Hipóteses;*
- Lição 8: ANOVA – Análise de Variância;*
- Lição 9: Cartas Multi-Vari;*
- Lição 10: Teste do Qui-Quadrado;*
- Consolidando o Conhecimento.***

❖ *Exercícios de Fixação – Módulo 4*



1. Assinale a afirmativa correta sobre a Fase Análise do método DMAIC.
 - a) Na fase Análise comprovamos as causas raiz apenas com ferramentas quantitativas como ANOVA e Regressão.
 - b) O principal objetivo é comprovar com fatos e dados as causas raiz do processo e como elas influenciam a variabilidade do resultado de interesse.
 - c) Utilizamos ferramentas como Teste de Hipóteses, Regressão Linear, SIPOC e FMEA na fase de Análise.

❖ Exercícios de Fixação – Módulo 4



2. Sobre o FMEA é correto afirmar:

- a) Calculamos o Índice de Risco após definirmos as ações de melhoria, considerando toda causa e modo de falha correspondente.
- b) As colunas Efeito, Controles Atuais e Modo de Falha fazem parte do preenchimento da ferramenta.
- c) O Índice de Risco é calculado pela soma da Severidade, Ocorrência e Detecção.

3. Na equação de regressão $y = 1,54 + 0,23x$

- a) O intercepto é igual a 0,23.
- b) Quando $x = 3$, o valor de y será 2,25.
- c) O coeficiente b_0 é igual a 1,54.

❖ Exercícios de Fixação – Módulo 4



4. No Teste de Hipóteses é incorreto afirmar:
- a) O Erro Tipo I ocorre quando rejeitamos a hipótese nula e ela é de fato verdadeira.
 - b) Não rejeitamos a hipótese nula quando $p\text{-valor} < 0,05$.
 - c) Para comparamos a média de duas amostras independentes e de mesma variação utilizamos o Teste t para 2 amostras.
5. Em um Teste Qui-quadrado realizado após a coleta de dados de uma entrevista, o resultado apresentou $p\text{-valor} = 0,001$. Podemos afirmar que:
- a) As variáveis testadas são independentes.
 - b) A estatística qui-quadrado apresentou um valor baixo.
 - c) As variáveis testadas são dependentes.

❖ *Exercícios de Fixação – Módulo 4*



Gabarito:

- 1) B
- 2) B
- 3) C
- 4) B
- 5) C



Módulo 5

DMAIC: Fase de Melhoria

- Lição 1: Descrição da Fase de Melhoria;***
- Lição 2: Diagrama de Árvore;***
- Lição 3: Matriz de Priorização de Soluções;***
- Lição 4: Plano de Ação - 5W2H;***
- Lição 5: DOE – Planejamento de Experimentos;***
- Lição 6: Atividade do Helicóptero;***
- Lição 7: Ferramentas de Melhoria do Lean;***
- Consolidação do Conhecimento.***



❖ *Fase de Melhoria*

Objetivo:

Propor, priorizar, testar e executar as soluções para o problema. Para cada causa raiz estudada e comprovada na Fase de Análise, identificamos uma solução adequada que será implementada através de um Plano de Ação. Além disso, iniciamos a verificação do impacto e os resultados obtidos com as melhorias implementadas.

Perguntas de orientação:

- Quais são as possíveis ações de melhoria?
- Todas as melhorias propostas podem ser transformadas em soluções com elevado potencial de implementação?
- Como testar as soluções escolhidas afim de garantir o alcance da meta sem efeitos colaterais indesejáveis?
- Como medir os resultados financeiros e no processo assim que o plano de ação for implementado?

❖ Fase de Melhoria

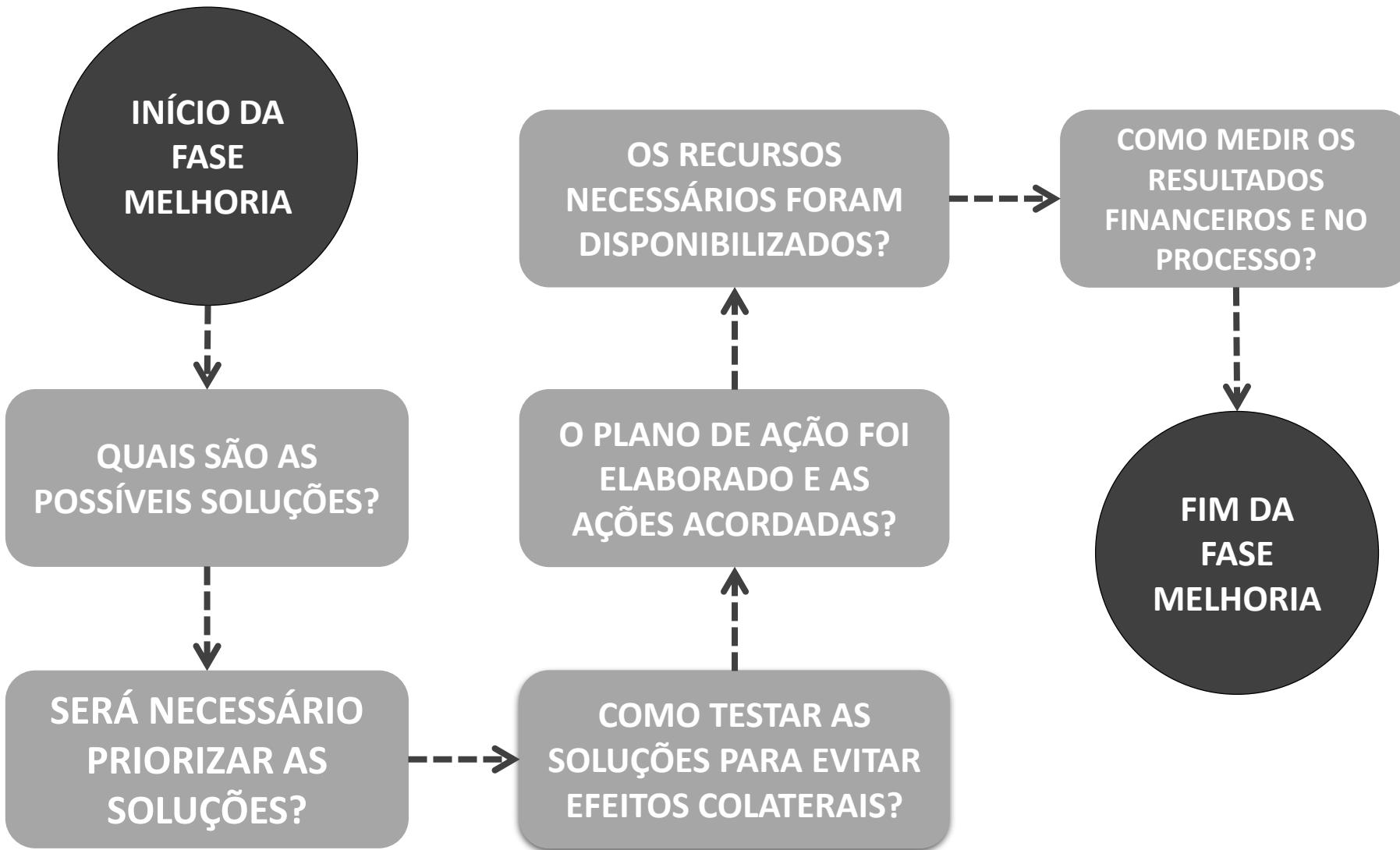


Tempo estimado: 4 a 6 semanas

Ferramentas:

Brainstorming, Diagrama de Árvore, Matriz de Priorização, Plano de Ação – 5W2H, Ferramentas de Melhoria do Lean (5S, SMED, Kaizen, Kanban).

❖ Fase de Melhoria





Módulo 5

DMAIC: Fase de Melhoria

- Lição 1: Descrição da Fase de Melhoria;*
- Lição 2: Diagrama de Árvore;***
- Lição 3: Matriz de Priorização de Soluções;*
- Lição 4: Plano de Ação - 5W2H;*
- Lição 5: DOE – Planejamento de Experimentos;*
- Lição 6: Atividade do Helicóptero;*
- Lição 7: Ferramentas de Melhoria do Lean;*
- Consolidação do Conhecimento.*

❖ ***Diagrama de Árvore***



Iniciamos a Fase de Melhoria com um ***brainstorming*** para levantar as possíveis soluções para eliminação das causas raiz identificadas anteriormente. Para organizar e estruturar melhor as ideias discutidas **sugerimos o Diagrama de Árvore.**

O diagrama de árvore é uma ferramenta utilizada para o mapeamento detalhado dos caminhos (meios ou medidas) a serem percorridos para se alcançar um objetivo global. Neste caso, podemos partir do objetivo principal do projeto (meta) e detalhar os caminhos a serem percorridos para executar as ações de melhoria.

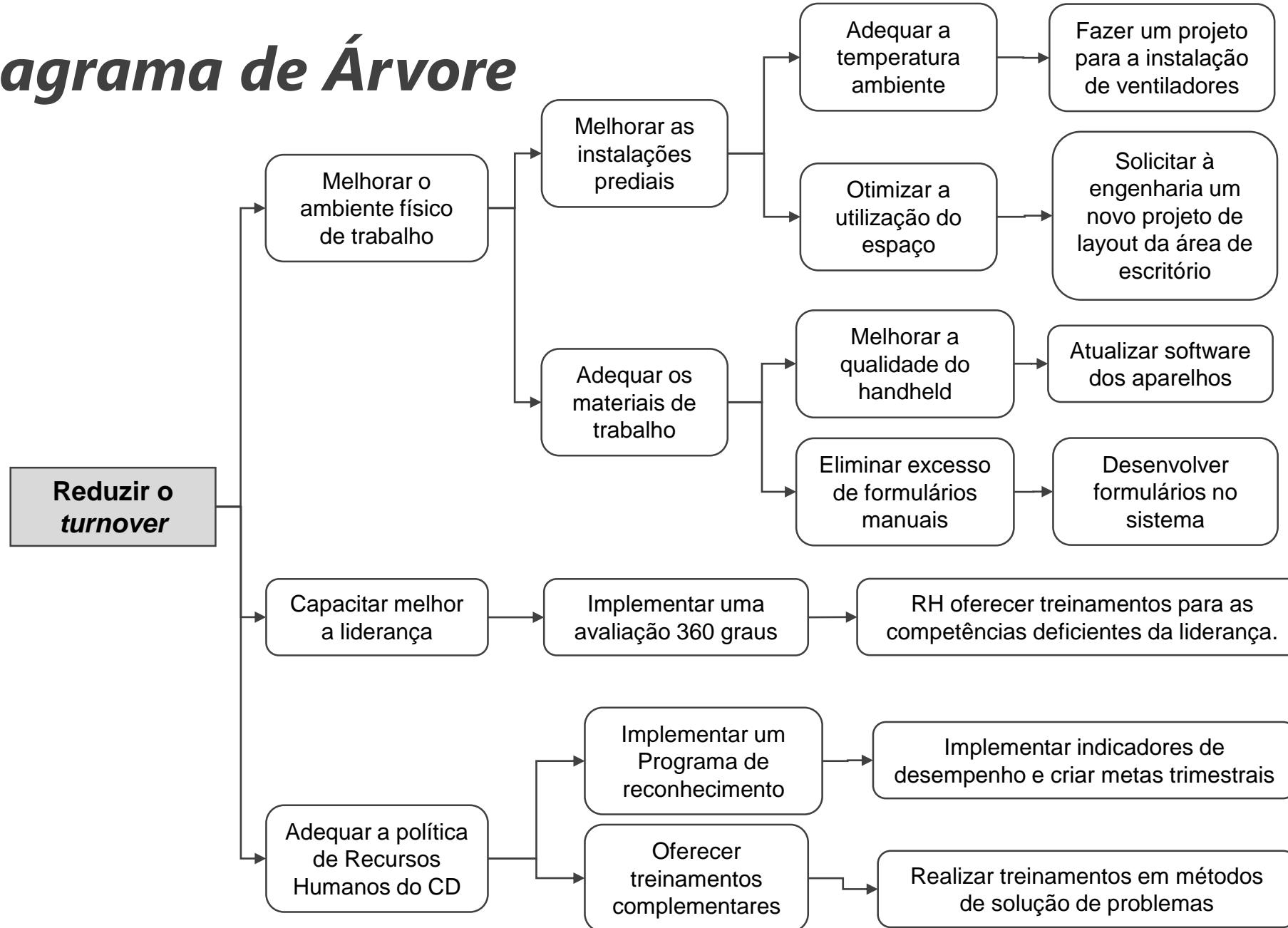
❖ *Diagrama de Árvore*



Uma **empresa de aluguel de carros** identificou que o seu turnover estava muito alto e decidiu atacar o problema com um projeto Lean Seis Sigma. Já na Fase de Análise as causas raiz identificadas foram: espaço físico/ambiente inadequado, problemas com a liderança, falta de políticas de reconhecimento, material de trabalho antigo ou danificado, etc.

Para cada causa raiz, na Fase de Melhoria, devemos pensar em possíveis soluções que serão priorizadas, testadas se necessário e levadas para o Plano de Ação.

❖ Diagrama de Árvore



❖ **Tarefa Prática - Diagrama de Árvore**



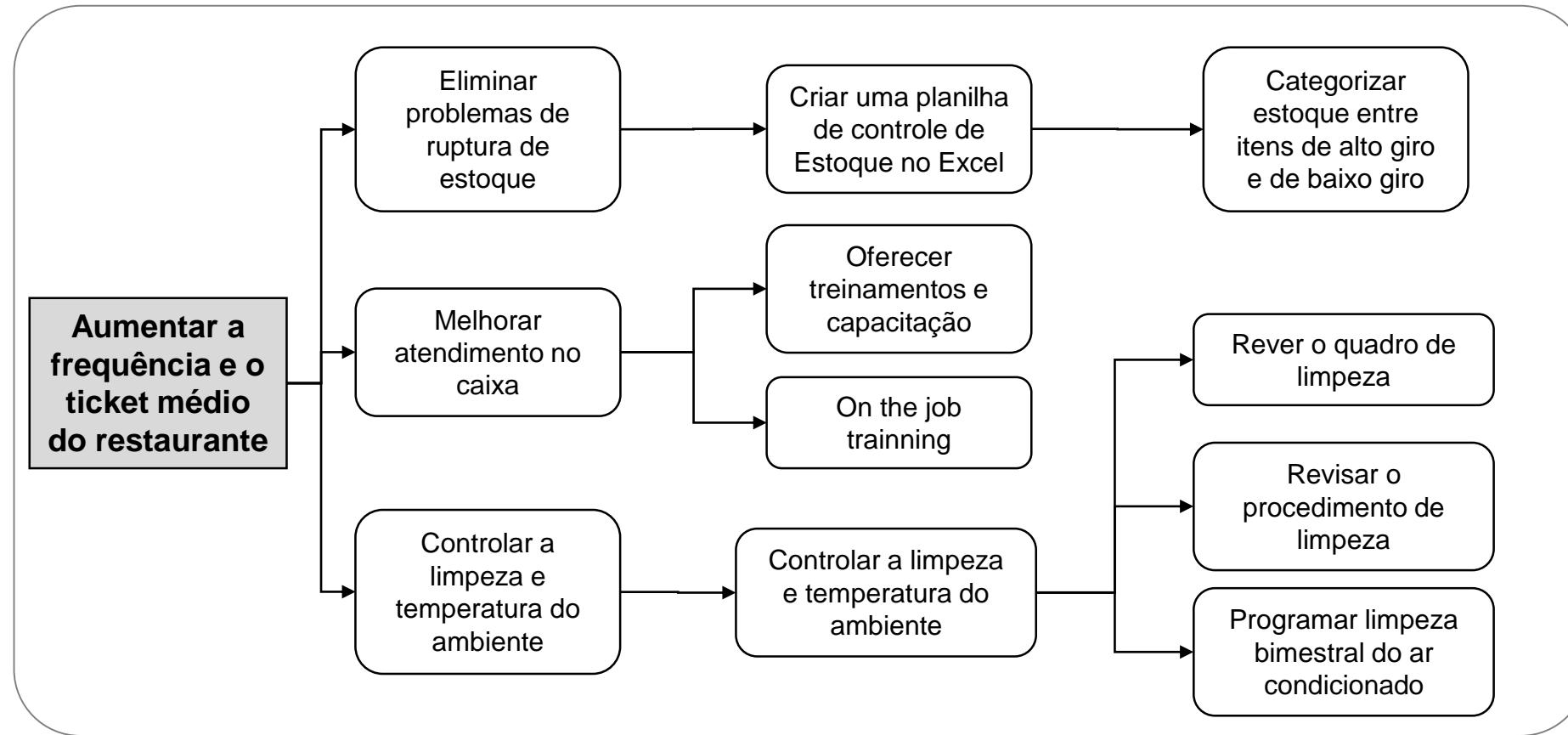
Imagine que você é dono de uma franquia de restaurantes *fast food* e identificou que a frequência de clientes está caindo mês a mês e o ticket médio dos clientes que continuam comprando no restaurante reduziu em 15%.

Após analisar o problema através do método DMAIC, nas etapas de Definição, Medição e Análise, você identificou como causas raiz: ingredientes importantes acabam durante o dia como, por exemplo, gelo, sorvete e pão; o atendimento no caixa é demorado e às vezes o atendente é impaciente; os clientes reclamam da falta de padrão na montagem dos lanches; o ambiente do restaurante não é limpo com frequência; a temperatura do ambiente fica acima do recomendado na maior parte do dia.

❖ Tarefa Prática - Diagrama de Árvore



Para as causas citadas anteriormente, faça um **brainstorming** para levantar ideias de melhoria e organize as informações em um **Diagrama de Árvore**.





Módulo 5

DMAIC: Fase de Melhoria

- Lição 1: Descrição da Fase de Melhoria;*
- Lição 2: Diagrama de Árvore;*
- Lição 3: Matriz de Priorização de Soluções;***
- Lição 4: Plano de Ação - 5W2H;*
- Lição 5: DOE – Planejamento de Experimentos;*
- Lição 6: Atividade do Helicóptero;*
- Lição 7: Ferramentas de Melhoria do Lean;*
- Consolidação do Conhecimento.*



❖ *Matriz de Priorização*

Na Fase de Melhoria, é comum termos muitas ideias de melhoria o que reflete em um Plano de Ação inchado e difícil de executar dentro do tempo previsto no projeto. Logo, precisamos de uma ferramenta que nos ajude a identificar quais ideias de melhoria são viáveis para o projeto e de fato geram impacto positivo no resultado de interesse.

A Matriz de Priorização é a ferramenta que ajudará a identificar quais ideias de melhoria serão levadas adiante no projeto. Ela utiliza –se de escores para fazer a correlação entre as soluções propostas e critérios de priorização. Os critérios mais utilizados na Matriz de Priorização são: baixo custo, facilidade, rapidez, impacto sobre a causa raiz e baixa probabilidade de gerar efeitos colaterais indesejados.



❖ *Matriz de Priorização*

Etapas para a aplicação da ferramenta:

1. Desenhe as linhas e colunas da matriz;
2. Defina os critérios de priorização que serão utilizados (idealmente 3 ou 4 critérios);
3. Defina um peso de 5 a 10 para cada critério;
4. Escreva todas as possíveis soluções na matriz;
5. Estabeleça a relação entre cada soluções e cada critério de priorização utilizando a seguinte legenda: 0 (não existe correlação), 1 (correlação fraca), 3 (correlação moderada) e 5 (correlação forte).
6. Multiplique o valor de cada célula pelo peso de critério de priorização;
7. Some os valores da linha para obter a nota final.

❖ Matriz de Priorização



	BAIXO CUSTO	FACILIDADE	IMPACTO POSITIVO SOBRE A CAUSA	TOTAL
PESO	7	8	10	
SOLUÇÃO 1	3	5	3	91
SOLUÇÃO 2	5	5	1	85
SOLUÇÃO 3	3	3	3	75
SOLUÇÃO 4	1	3	5	81
SOLUÇÃO 5	3	3	5	95
...				...

Legenda:

Correlação forte – 5

Correlação fraca – 1

Correlação moderada – 3

Correlação ausente – 0

❖ **Tarefa Prática - Matriz de Priorização**



Para continuar o projeto do restaurante *fast food* é necessário priorizar as ideias de melhorias identificadas no Diagrama de Árvore. O objetivo será escolher critérios que ajudem a identificar as ideias que podem gerar o maior impacto positivo, mas que possam ser implementadas dentro de um prazo de 4 a 6 semanas, com baixo esforço e baixo custo.

Utilize a Matriz de Priorização para identificar as soluções que serão priorizadas e levadas adiante para o Plano de Ação do projeto.

❖ Tarefa Prática - Matriz de Priorização



	Alto impacto	Baixo Esforço	Baixo Custo	TOTAL
PESO	10	8	9	
Categorizar o estoque em itens de alto giro e baixo giro	1	5	5	95
Criar planilha de controle em Excel	5	3	5	119
Oferecer treinamento e capacitação	3	3	1	63
On the job training	5	3	3	101
Rever o quadro de limpeza	3	5	5	115
Revisar o procedimento de limpeza	5	5	5	135
Limpeza bimestral do ar condicionado	3	3	1	63

Legenda:

Correlação forte – 5

Correlação moderada – 3

Correlação fraca – 1

Correlação ausente – 0



Módulo 5

DMAIC: Fase de Melhoria

- Lição 1: Descrição da Fase de Melhoria;*
- Lição 2: Diagrama de Árvore;*
- Lição 3: Matriz de Priorização de Soluções;*
- Lição 4: Plano de Ação - 5W2H;***
- Lição 5: DOE – Planejamento de Experimentos;*
- Lição 6: Atividade do Helicóptero;*
- Lição 7: Ferramentas de Melhoria do Lean;*
- Consolidação do Conhecimento.*



❖ **Plano de Ação – 5W2H**

Após a priorização das ações de melhoria, devemos desdobrá-las em informações mais tangíveis. Para isso, utilizaremos a metodologia 5W2H:

- O que será feito? (What)
- Quando será feito? (When)
- Quem fará? (Who)
- Onde será feito? (Where)
- Por que será feito? (Why)
- Como será feito? (How)
- Impacto financeiro, quantidade ou valor numérico? (How Much)

❖ Plano de Ação – 5W2H



O que?	Quem?	Onde?	Por quê?	Quando?	Como?	Quanto?
Aumentar a temperatura do forno	José	Forno 2W5C	Diminuição da duração do processo	01/mai	Aumentar potência do motor	Para 1100°C
Incluir inspeção durante o processo	Carlos	Linha 17	Diminuir refugo	05/junho	Aumentar um operador	Um operador
Reunião de segurança no início do turno	Larissa	Unidade de BH	Diminuição de acidentes	07/maio	Reunião com o supervisor de segurança	5 minutos iniciais do turno
Comprar novo sistema de manutenção	Roberto	Unidade SP	Muitos dias fora da meta de produção	01/março	Implantação de novo sistema pela Manutenção	R\$ 20.000,00

❖ **Tarefa Prática - Plano de Ação – 5W2H**



Preencha o diagrama abaixo com as soluções priorizadas do projeto Lean Seis Sigma do restaurante de *fast food*.

O que?	Quem?	Quando?	Como?	Onde?	Porque?	Quanto?

❖ Tarefa Prática - Plano de Ação – 5W2H



Preencha o diagrama abaixo com as soluções priorizadas do projeto Lean Seis Sigma do restaurante de *fast food*.

O que?	Quem?	Quando?	Como?	Onde?	Porque?	Quanto?
Criar planilha de controle em Excel	Roberto Silva (gerente de loja)	15/05/16	Elaborar uma planilha com os itens do estoque	Computador / escritório do gerente	Para evitar rupturas de estoque	Sem Custo
On the job training	Renata Alves (supervisora de caixas)	30/06/16	Passar 2 a 3 dias ao lado de cada colaborador do caixa	Nos caixas	Para melhorar a qualidade do atendimento	Sem custo
Rever o quadro de limpeza	João Oliveira (chefe da limpeza)	30/04/16	Revisar junto com o gerente da loja	Na planilha de horários dos colaboradores	Para melhorar a limpeza da loja e a percepção de limpeza dos clientes	Sem custo
Revisar o procedimento de limpeza	João Oliveira (chefe da limpeza)	15/05/16	Revisar junto com o gerente da loja	No computador / escritório do gerente	Idem ao anterior	Sem custo



Módulo 5

DMAIC: Fase de Melhoria

- Lição 1: Descrição da Fase de Melhoria;*
- Lição 2: Diagrama de Árvore;*
- Lição 3: Matriz de Priorização de Soluções;*
- Lição 4: Plano de Ação - 5W2H;*
- Lição 5: DOE – Planejamento de Experimentos;***
- Lição 6: Atividade do Helicóptero;*
- Lição 7: Ferramentas de Melhoria do Lean;*
- Consolidação do Conhecimento.*

❖ *Planejamento de Experimentos*

- ❑ O DOE – Design of Experiments ou Planejamento de Experimentos, é utilizado para determinar quais variáveis independentes (variáveis x) têm **maior influência** sobre uma determinada variável de resposta (variável Y).
- ❑ Além disso, também é útil para combinar variáveis independentes com o objetivo de se atingir um **determinado valor** para a variável resposta, e para ajustar as variáveis independentes para minimizar os efeitos de variáveis não controladas em uma variável de resposta.



❖ *Planejamento de Experimentos*



No método DMAIC, utilizaremos o Planejamento de Experimentos para conduzir testes de forma estruturada (estatisticamente planejados), em que fatores (x) serão propositalmente modificados de modo a avaliar sua influência em uma certa variável resposta (y).

- **FATORES:** são as variáveis de processo (x), classificadas como controláveis, que serão utilizadas no experimento.
- **VARIÁVEL RESPOSTA:** é o resultado de interesse no experimento, que será observado para avaliar a existência ou não da influência dos fatores.
- **RUÍDOS:** são as variáveis de processo (x), classificadas como não controláveis, que não podem ser testadas no experimento mas afetam o resultado.
- **NÍVEIS:** valor que cada fator irá assumir durante o experimento.



❖ *Planejamento de Experimentos*

- ❑ **RÉPLICA:** combinação dos níveis dos fatores, chamado de tratamento, em unidades experimentais diferentes.
 - Significa realizar mais de uma vez a construção da mesma condição experimental.
 - Utilizada para avaliação de aspectos de construção ou configuração dos níveis, bem como aspectos da realização do experimento.

- ❑ **REPETIÇÃO:** é a execução de um certo tratamento mais de uma vez, sobre a mesma unidade experimental.
 - Utilizada para avaliação essencialmente de aspectos da realização do experimento.

❖ *Planejamento de Experimentos*



IMAGINE A SEGUINTE SITUAÇÃO:

Você está em casa e deseja fazer um bolo de chocolate, mas não possui um livro de receitas com a definição da quantidade de ingredientes e o procedimento correto para fazer o bolo. Supondo que o resultado desejado é um bolo bem sucedido, quais são as variáveis (fatores) que poderiam ser testadas para se chegar no bolo desejado?

- Quantidade de farinha
- Quantidade de manteiga
- Quantidade de fermento
- Quantidade de leite
- Marca da farinha
- Marca do fermento
- Tipo de leite (integral, desnatado)
- Tipo de chocolate (ao leite, meio amargo)
 - Temperatura do forno
 - Tempo ao forno
 - etc.

❖ *Planejamento de Experimentos*



Entre as informações citadas, identifique os fatores quantitativos e os fatores qualitativos. Defina 2 níveis para cada fator e identifique os potenciais ruídos deste experimento.

Quantitativos: quantidade de farinha, manteiga, fermento e leite, temperatura do forno e tempo ao forno.

- Qualitativos: marca da farinha e do fermento, tipo de leite e tipo de chocolate.
 - Temperatura do forno: 200 graus (-1), 225 graus (+1)
 - Tipo de chocolate: Ao leite (-1), Meio Amargo (+1)

❖ *Planejamento de Experimentos*

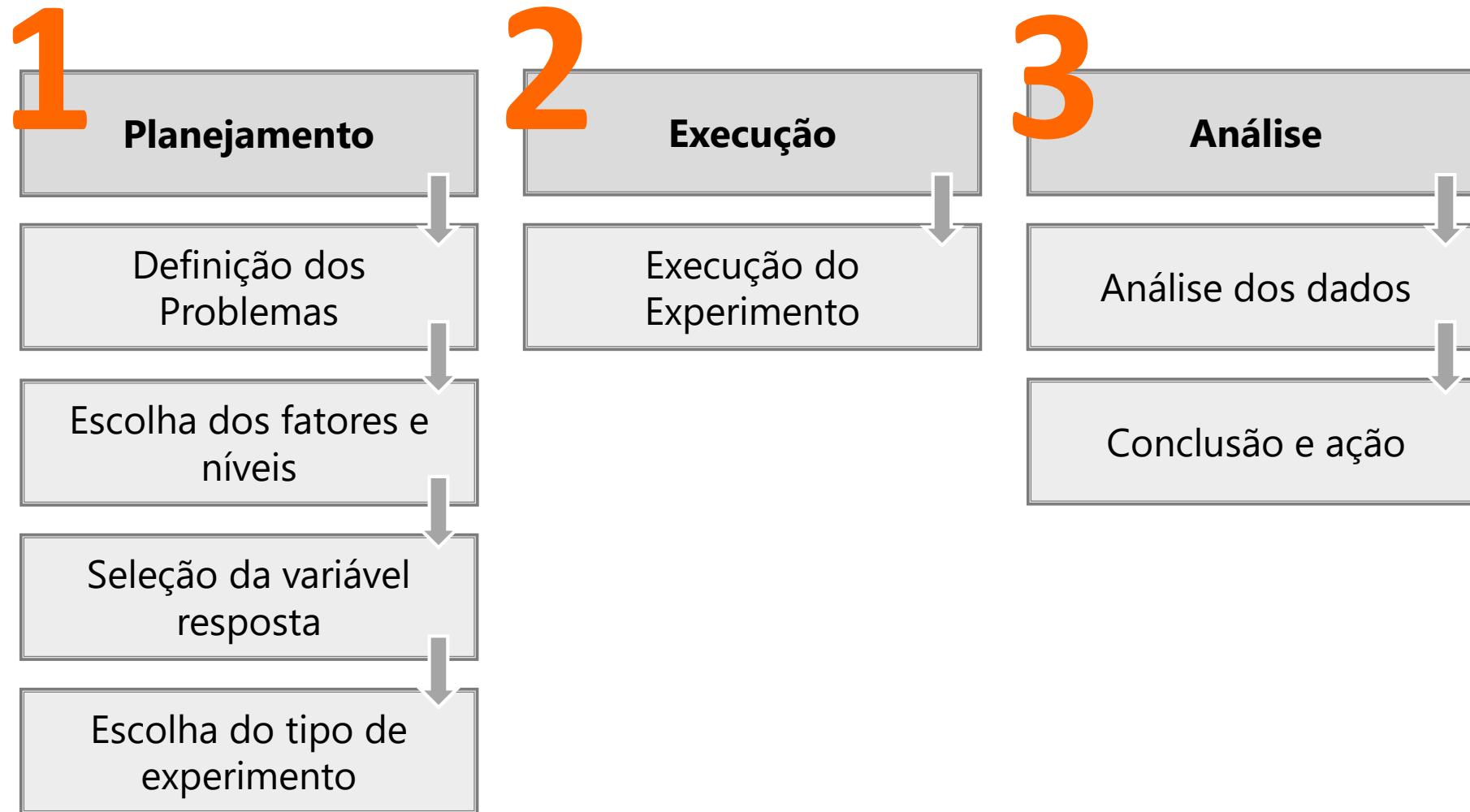


- ❑ Para o exemplo do bolo é bastante aceitável supormos que algumas pessoas trabalhariam com tentativa e erro.

- ❑ O objetivo do **DOE** é estruturar um experimento estatisticamente planejado, que possibilite a análise dos resultados para compreendermos de maneira adequada quais fatores de fato interferem na variável resposta significativamente e quais os níveis ideais de cada fator.



❖ *Etapas de Execução da DOE*





❖ *Tipos de Experimentos*

Iremos estudar **dois tipos de experimentos**, que são os mais utilizados na indústria:

- Experimento de 1 fator e vários níveis;
- Experimento de vários fatores (k fatores), com 2 níveis por fator.





❖ *Experimento com 1 Fator*

Há situações em que deseja-se avaliar o efeito de um único fator em **dois ou mais níveis**, sobre uma certa variável resposta.

O Experimento irá testar a influência dos diversos níveis no resultado da variável resposta, sendo possível determinar se um nível do fator analisado pode gerar resultados significativamente mais impactantes.

❖ **Atividade Voitto Química**



A empresa **Voitto Química** deseja avaliar o efeito do tempo de reação (x) no teor de pureza (y) de um produto fabricado pela empresa.

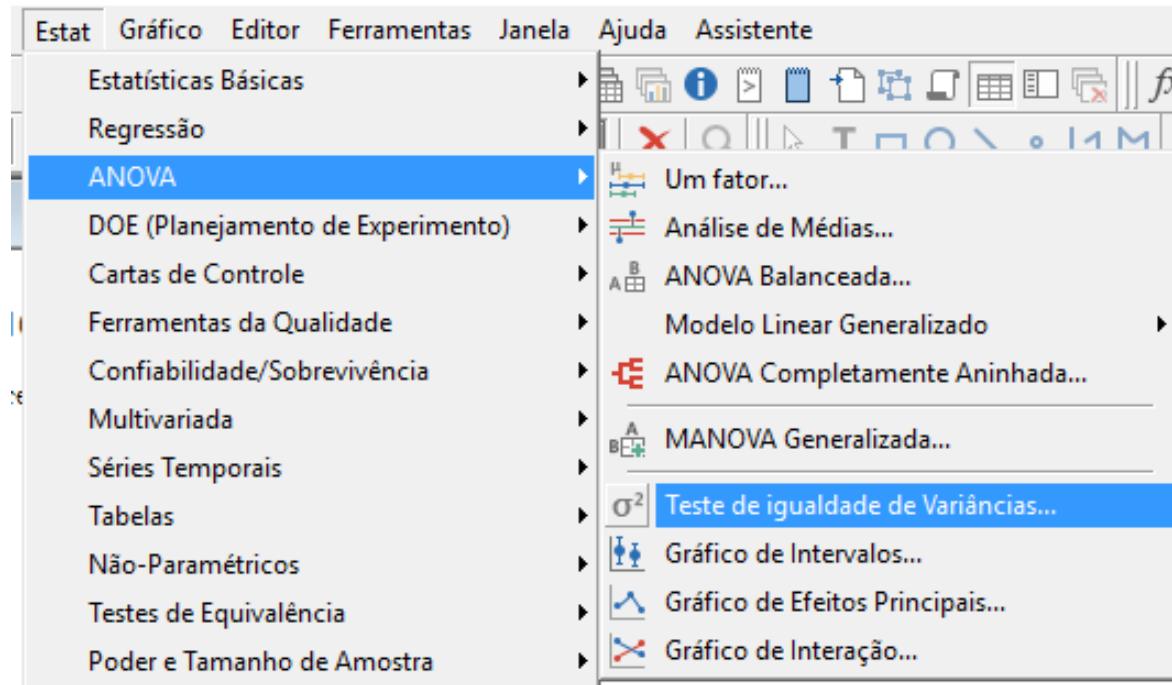
Neste caso o interesse será testar os tempos de 5, 7, 9, 11 e 13 minutos para avaliar se o teor de pureza aumenta ou diminui. O patamar médio atual do teor de pureza é de 75% e a meta é atingir 90%.

Abrir o arquivo “Voitto Quimica.MTW”.

❖ Atividade Voitto Química



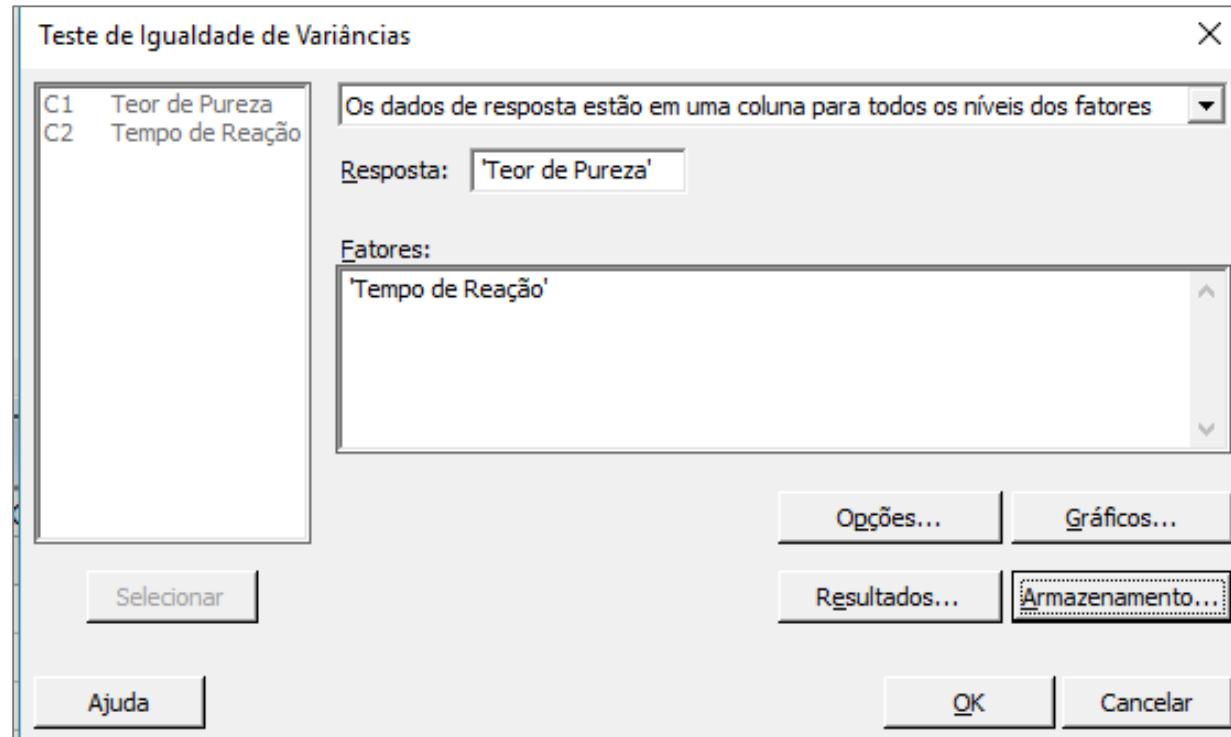
Selecione Stat > ANOVA > Teste de igualdade de Variâncias...



❖ Atividade Voitto Química



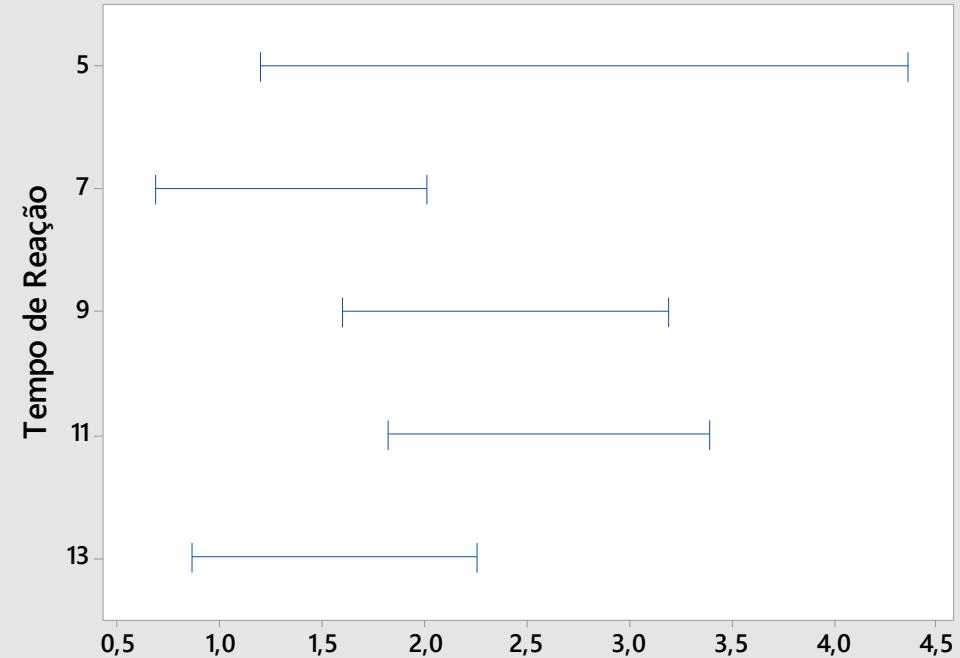
Selecione Teor de Pureza como Resposta: > Selecione Tempo de Reação como Fatores: > Clique em OK.



❖ Atividade Voitto Química



Teste para Igualdade de Variâncias: Teor de Pureza versus Tempo de Reação Intervalos de comparação múltipla para o desvio padrão, $\alpha = 0,05$



Comparações Múltiplas
Valor-p 0,115
Teste de Levene
Valor-p 0,152

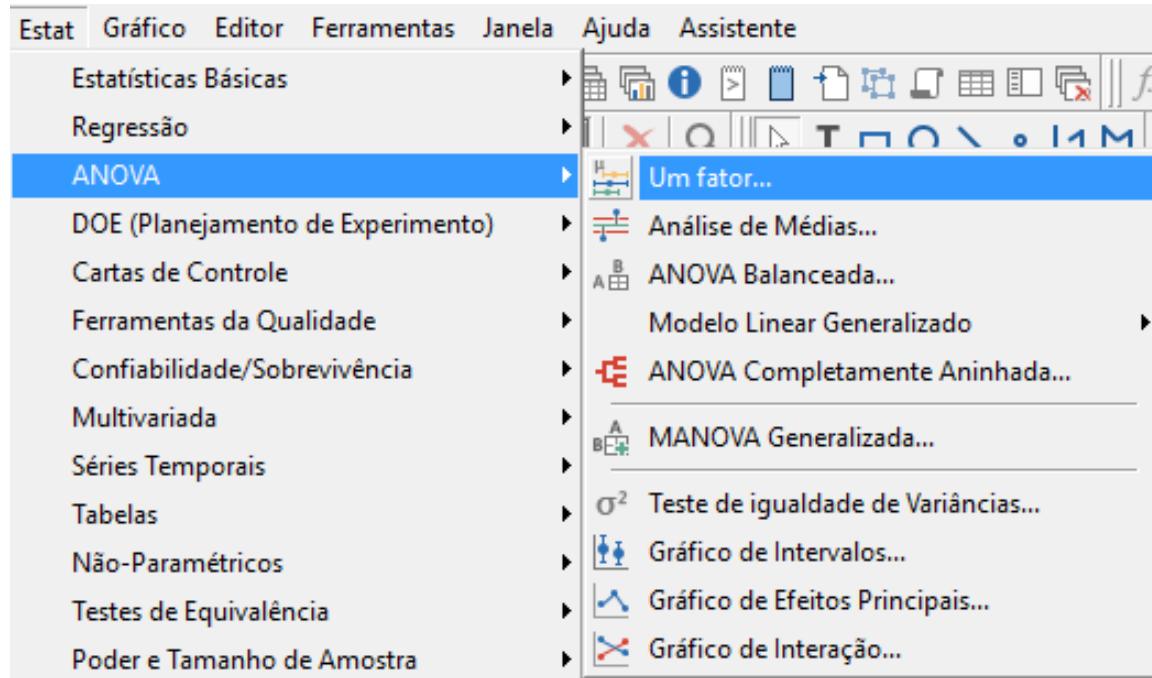
Sendo $p\text{-valor} \geq 0,05$, não rejeitamos a hipótese de que as variâncias são iguais.

Se os intervalos não se sobrepuarem, os desvios padrão correspondentes serão significativamente diferentes.

❖ Atividade Voitto Química



Selecione Stat > ANOVA > Um fator...



❖ Atividade Voitto Química



Selecione Teor de Pureza como Resposta: > Selecione Tempo de Reação como Fator: > Selecione Opções...

Análise de Variância com Um Fator

C1 Teor de Pureza
C2 Tempo de Reação

Os dados de resposta estão em uma coluna para todos os níveis dos fatores

Resposta: 'Teor de Pureza'

Fator: 'Tempo de Reação'

Opções... Comparações... Gráficos...

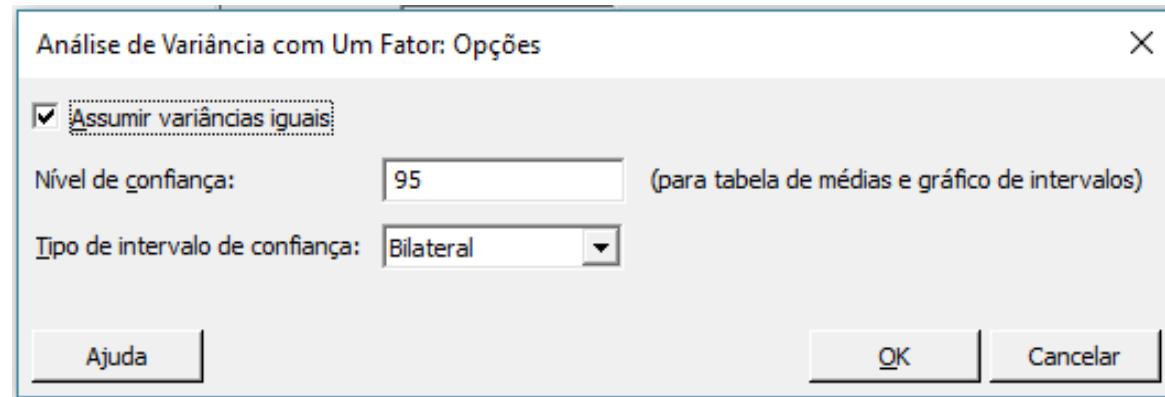
Selecionar Resultados... Armazenamento...

Ajuda OK Cancelar

❖ Atividade Voitto Química



Verifique se a opção Assumir variâncias iguais está marcada > Clique em OK duas vezes.



❖ Atividade Voitto Química



ANOVA com um fator: Teor de Pureza versus Tempo de Reação

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
Tempo de Reação	5	5; 7; 9; 11; 13

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Tempo de Reação	4	2301,0	575,248	198,51	0,000
Erro	45	130,4	2,898		
Total	49	2431,4			

Sumário do Modelo

S	R2	R2(aj)	R2(pred)
1,70230	94,64%	94,16%	93,38%

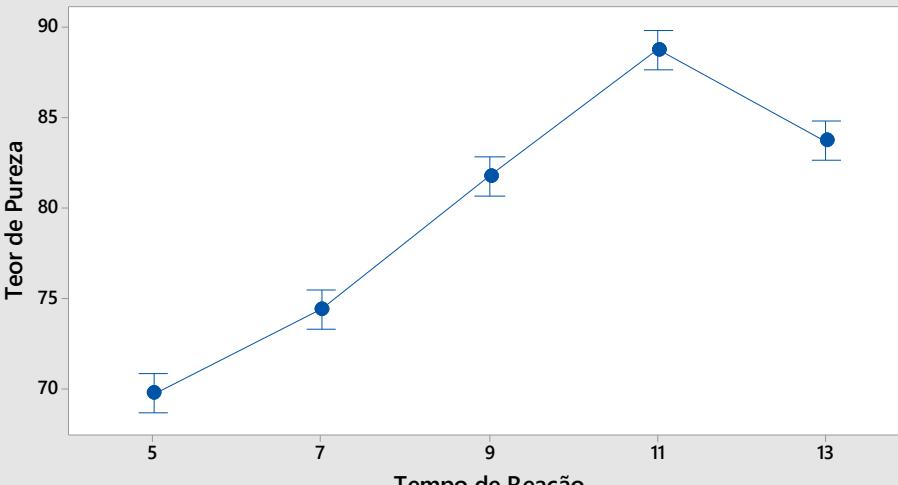
Sendo $p\text{-valor} \leq 0,05$, rejeitamos a hipótese da igualdade e assumimos que os valores médios do Teor de Pureza para cada tempo de reação são significativamente distintos.

Médias

Tempo de Reação	N	Média	DesvPad	IC de 95%
5	10	69,764	1,950	(68,680; 70,849)
7	10	74,435	1,007	(73,351; 75,520)
9	10	81,798	1,934	(80,714; 82,882)
11	10	88,803	2,122	(87,719; 89,888)
13	10	83,749	1,196	(82,665; 84,833)

DesvPad Combinado = 1,70230

Gráfico de Intervalos de Teor de Pureza versus Tempo de Reação
IC de 95% para a Média

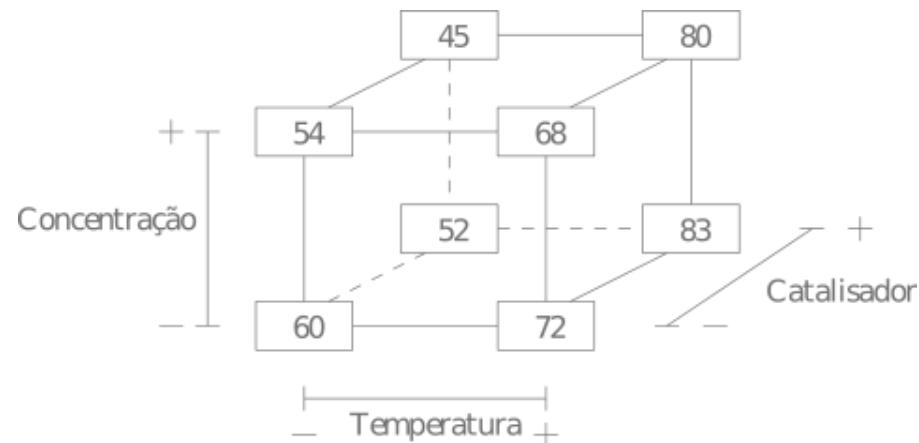




❖ *Experimento Fatorial Completo – 2^k*

Existem muitos casos em que desejamos **verificar a influência de mais de um fator sobre uma variável de resposta.**

O Experimento Fatorial Completo irá testar a influência de todas as combinações de fatores e seus respectivos níveis, que for possível. Estudaremos o caso particular em que todos os fatores tenham 2 níveis, que é o experimento mais utilizado na indústria.





❖ *Experimento Fatorial Completo – 2^k*

Antes de iniciarmos o estudo propriamente dito deste experimento, temos que passar por alguns conceitos:

- ❑ **INTERAÇÃO:** a interação ocorre quando a combinação de dois ou mais fatores não é aditiva e sim multiplicativa. Nos fenômenos observados na natureza, muitas vezes a regra é a ocorrência de interações e não de combinações aditivas. Por isso, muitas vezes a solução de um problema é encontrada analisando a interação entre variáveis.



❖ Experimento Fatorial Completo – 2^k

Experimento	Fator A (2^0)	Fator B (2^1)	Fator C (2^2)	Fatores e Interações
1	-1	-1	-1	(1)
2	+1	-1	-1	A
3	-1	+1	-1	B
4	+1	+1	-1	AB
5	-1	-1	+1	C
6	+1	-1	+1	AC
7	-1	+1	+1	BC
8	+1	+1	+1	ABC

Nota: Se houvesse mais um fator, sua sequência na tabela seguiria a lógica de 2^3 e assim sucessivamente



❖ Experimento Fatorial Completo – 2^k

❑ **EFEITO:** é o impacto da mudança do nível de um Fator ou Interação na variável resposta.

Experimento	Fator A	Fator B	AB	Resposta
1	-1	-1	+1	21
2	+1	-1	-1	29
3	-1	+1	-1	35
4	+1	+1	+1	11
Média Nível (-)	$(21+35)/2 = 28$	$(21+29)/2 = 25$	$(29+35)/2 = 32$	-
Média Nível (+)	$(29+11)/2 = 20$	$(35+11)/2 = 23$	$(21+11)/2 = 16$	-
Efeito	$28-20=8$	$25-23=2$	$32-16=16$	-

Efeito > 0 -> Saindo do nível (-) para o nível (+), temos um **aumento na média igual ao módulo do efeito**

Efeito < 0 -> Saindo do nível (-) para o nível (+), temos uma **redução na média igual ao módulo do efeito**

Observação: O efeito do fator AB é chamado de efeito de segunda ordem

❖ Atividade Voitto Química



Após analisar a influência do tempo de reação no teor de pureza, a empresa **Voitto Química** deseja avaliar o efeito de outros fatores na mesma variável resposta. Os fatores e os níveis que serão estudados através do Experimento Fatorial Completo são:

- Temperatura: 200°C (-1), 250°C (+1)
- Pressão: 1 atm (-1), 1,2 atm (+1)
- Marca/Fabricante do catalisador: LabMais (-1), QuímicaPro (+1)
- Concentração do reagente: 5% (-1), 7% (+1)

Abrir o Minitab com uma planilha em branco.

❖ Atividade Voitto Química



Selecione Stat > DOE (Planejamento de Experimentos) > Fatorial > Criação de um Experimento Fatorial...

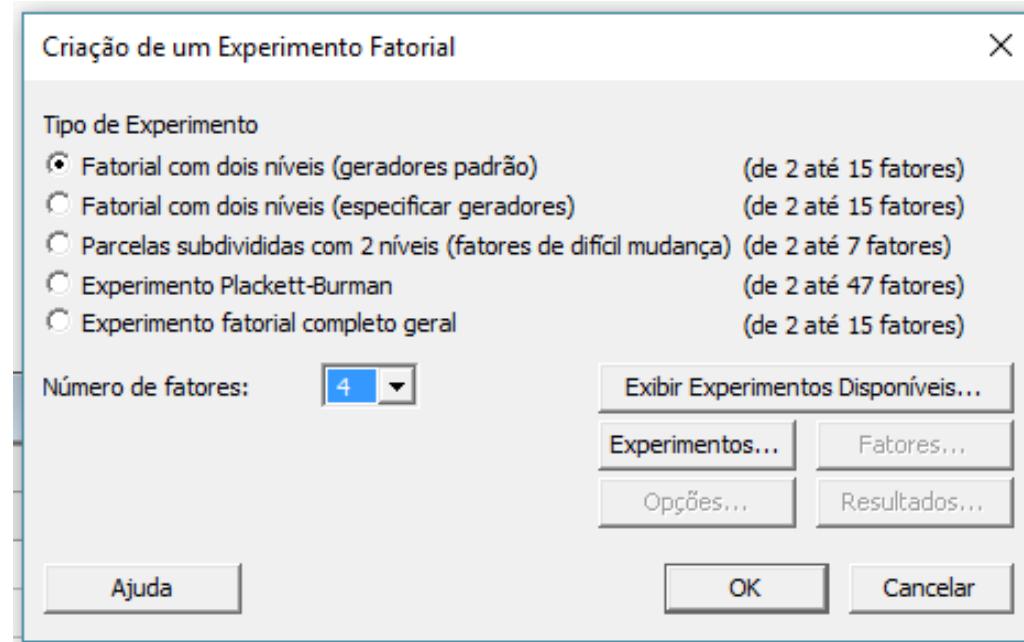
The screenshot shows the Minitab software interface with the following menu path highlighted:

- Estat
- Gráfico
- Editor
- Ferramentas
- Janela
- Ajuda
- Assistente
- DOE (Planejamento de Experimento) >
- Fatorial >
- Criação de um Experimento Fatorial...

❖ Atividade Voitto Química



Selecione 4 como Número de fatores: > Selecione Experimentos...



❖ Atividade Voitto Química



Selecione Fatorial Completo e clique em OK.

Criação de um Experimento Fatorial: Experimentos

Experimentos...	Ensaios	Resolução	$2^{(k-p)}$
Fração 1/2	8	IV	$2^{(4-1)}$
Fatorial completo	16	Completo	2^4

Número de pontos centrais por bloco:

Número de réplicas por pontos de extremidades:

Número de blocos:

Ajuda OK Cancelar

❖ Atividade Voitto Química



Selecione Fatores... > Preencha a planilha com as informações de cada fator conforme a figura abaixo > clique em OK.

Criação de um Experimento Fatorial: Fatores

Fator	Nome	Tipo	Inferior	Superior
A	Temperatura	Numérico	200	250
B	Pressão	Numérico	1	1,2
C	Marca do Cat	Numérico	-1	1
D	Concentração	Numérico	5	7

Ajuda OK Cancelar

❖ Atividade Voitto Química



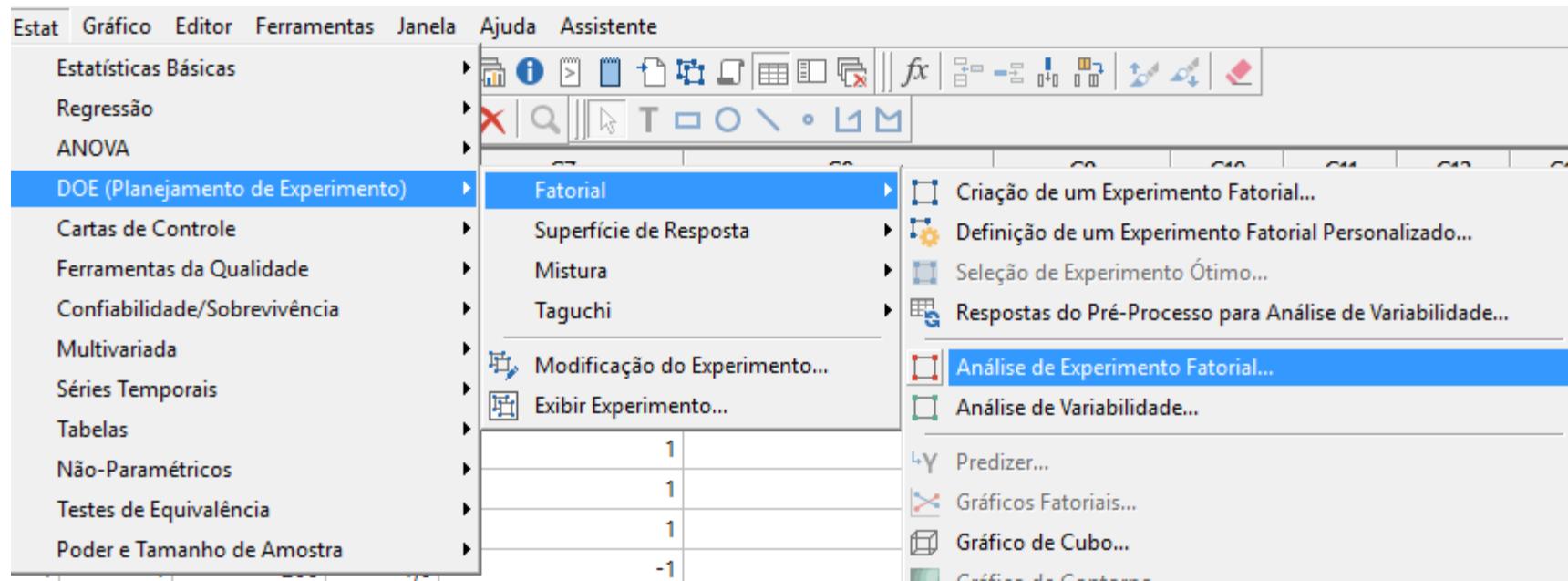
Insira o título Teor de Pureza na coluna C9 > Digite os valores conforme a figura abaixo.

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9 <input checked="" type="checkbox"/>	C10
	OrdemPad	OrdemEns	PtCentral	Blocos	Temperatura	Pressão	Marca do Catalisador	Concentração do Reagente	Teor de Pureza	
1	1	1	1	1	200	1,0	-1	5	85,3	
2	2	2	1	1	250	1,0	-1	5	87,5	
3	3	3	1	1	200	1,2	-1	5	85,9	
4	4	4	1	1	250	1,2	-1	5	88,1	
5	5	5	1	1	200	1,0	1	5	85,1	
6	6	6	1	1	250	1,0	1	5	86,7	
7	7	7	1	1	200	1,2	1	5	86,9	
8	8	8	1	1	250	1,2	1	5	88,9	
9	9	9	1	1	200	1,0	-1	7	93,2	
10	10	10	1	1	250	1,0	-1	7	94,5	
11	11	11	1	1	200	1,2	-1	7	92,5	
12	12	12	1	1	250	1,2	-1	7	93,9	
13	13	13	1	1	200	1,0	1	7	91,8	
14	14	14	1	1	250	1,0	1	7	93,4	
15	15	15	1	1	200	1,2	1	7	93,1	
16	16	16	1	1	250	1,2	1	7	95,8	

❖ Atividade Voitto Química



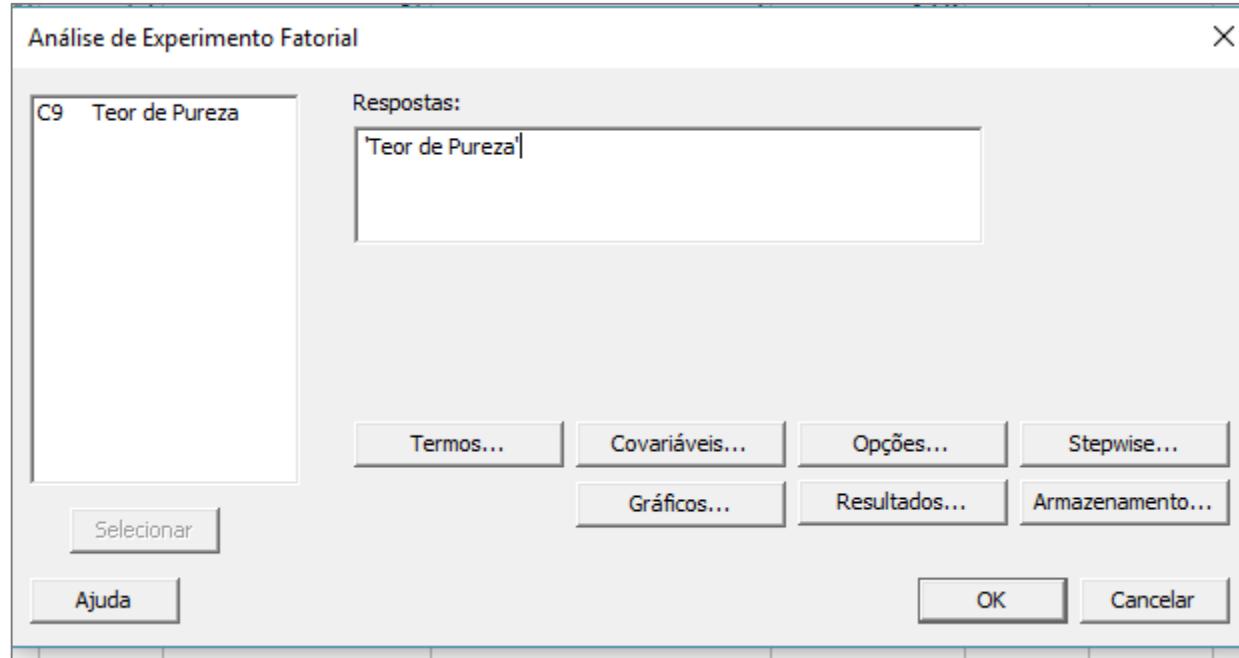
Selecione Stat > DOE (Planejamento de Experimentos) > Fatorial > Análise de Experimento Fatorial...



❖ Atividade Voitto Química



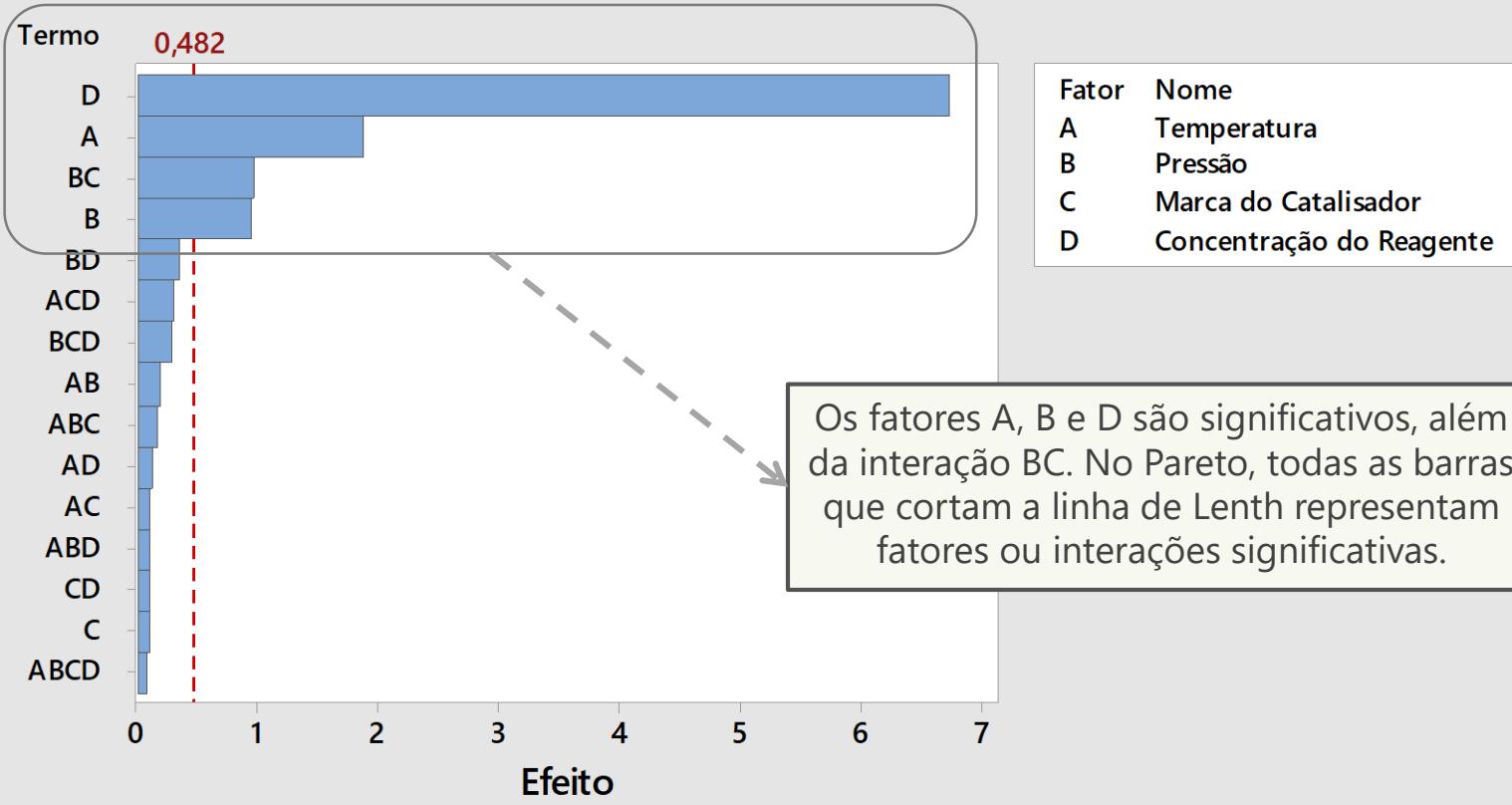
Selecione Teor de Pureza como Respostas: > Clique em OK.



❖ Atividade Voitto Química



Gráfico de Pareto dos Efeitos
(a resposta é Teor de Pureza; $\alpha = 0,05$)



❖ Atividade Voitto Química



Selecione Stat > DOE (Planejamento de Experimentos) > Fatorial > Gráficos Fatoriais...

The screenshot shows the Minitab software interface with the following menu path selected:

- Estat
- Gráfico
- Editor
- Ferramentas
- Janela
- Ajuda
- Assistente
- DOE (Planejamento de Experimento) >
- Fatorial >
- Gráficos Fatoriais... >

On the right side of the interface, there is a list of experimental designs and their corresponding graphical representations:

- Criação de um Experimento Fatorial...
- Definição de um Experimento Fatorial Personalizado...
- Seleção de Experimento Ótimo...
- Respostas do Pré-Processo para Análise de Variabilidade...
- Análise de Experimento Fatorial...
- Análise de Variabilidade...
- Predizer...
- Gráficos Fatoriais... >
- Gráfico de Cubo...
- Gráfico de Contorno...
- Gráfico de Superfície...
- Gráfico de Contorno Sobreposto...
- Otimizador de Resposta...

At the bottom left, there is a table showing factor names and their corresponding variables:

Fator	Nome
A	Temperatura
B	Pressão
C	Marca do Catalisador
D	Concentração do Reagente

❖ Atividade Voitto Química



Deixe os fatores significativos à direita, conforme figura abaixo > Clique em Gráficos... > Desmarcar Gráfico de interação > Clique em OK duas vezes.

The image shows two overlapping dialog boxes. The background dialog is titled 'Gráficos Fatoriais' and has the following settings:

- Resposta: Teor de Pureza
- Variáveis para Incluir nos Gráficos:
 - Disponível: 'Marca do Catalisador'
 - Selecionada: Temperatura, Pressão, 'Concentração do Reagente'
- Termos para exibir: Somente termos do modelo

The foreground dialog is titled 'Gráficos Fatoriais: Gráficos' and contains the following options:

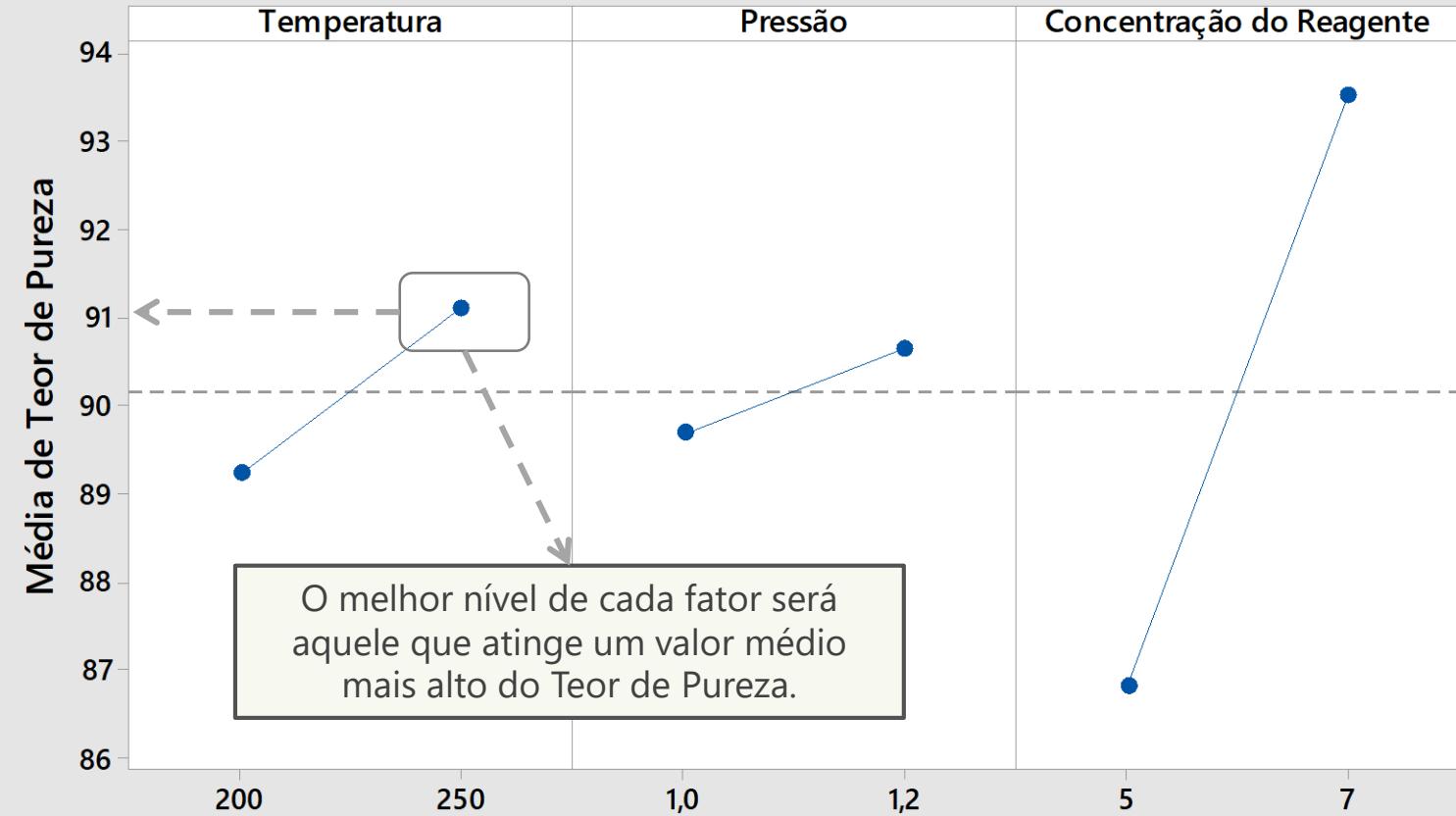
- Gráfico de Efeitos Principais
- Gráfico de interação
- Exibir matriz no canto inferior esquerdo
- Exibir matriz completa

Buttons at the bottom of both dialogs include Ajuda, OK, and Cancelar.

❖ Atividade Voitto Química



Gráfico de Efeitos Principais para Teor de Pureza
Médias Ajustadas



❖ Atividade Voitto Química



Selecione Stat > DOE (Planejamento de Experimentos) > Fatorial > Gráficos Fatoriais...

The screenshot shows the Minitab software interface with the 'DOE (Planejamento de Experimento)' menu selected. Under the 'Fatorial' submenu, the 'Gráficos Fatoriais...' option is highlighted. A small table at the bottom lists four factors: A (Temperatura), B (Pressão), C (Marca do Catalisador), and D (Concentração do Reagente).

Fator	Nome
A	Temperatura
B	Pressão
C	Marca do Catalisador
D	Concentração do Reagente

❖ Atividade Voitto Química



Deixe apenas os fatores da interação BC à direita, conforme figura abaixo >

Clique em Gráficos... > Desmarcar Gráfico de Efeitos Principais e marcar Gráfico de interação > Clique em OK duas vezes.

The image shows two overlapping dialog boxes from a software application:

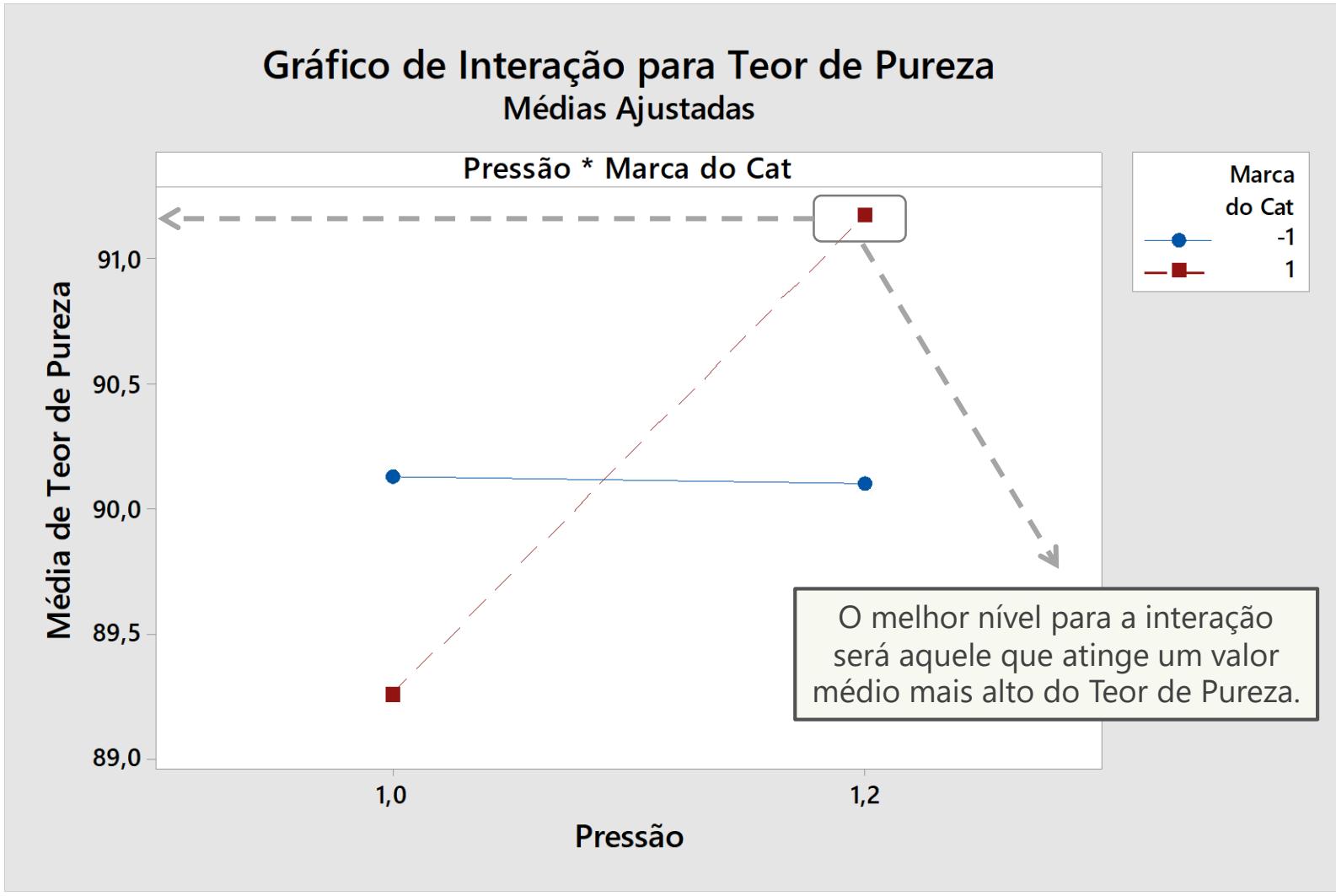
- Gráficos Fatoriais Dialog:**
 - Resposta:** Teor de Pureza
 - Variáveis para Incluir nos Gráficos:**
 - Disponível:** Temperatura 'Concentração do Reagente'
 - Selecionada:** Pressão 'Marca do Catalisador'
 - Termos para exibir:** Somente termos do modelo
 - Buttons:** Opções..., Gráficos..., Visualizar Modelo..., Ajuda, OK, Cancelar

The "Temperatura" variable is selected in the "Disponível" list, and the "Pressão" variable is selected in the "Selecionada" list.

Gráficos Fatoriais: Gráficos Dialog:

 - Checkboxes:** Gráfico de Efeitos Principais (unchecked), Gráfico de interação (checked)
 - Radio Buttons:** Exibir matriz no canto inferior esquerdo (selected), Exibir matriz completa
 - Buttons:** Ajuda, OK, Cancelar

❖ Atividade Voitto Química



❖ Atividade Voitto Química



- Quais são os fatores e as interações significativas? Explique.
- Qual é o nível ideal de cada fator e da interação significativa para otimizar o resultado do Teor de Pureza?

- No Pareto observamos que os fatores significativos são A, B e D. A única interação significativa é a interação BC.
- O nível alto é o ideal para os três fatores, e o nível ideal para a interação é a combinação do nível alto da marca do catalizador e nível alto da pressão.



❖ *Otimizando os Resultados*

Com o conhecimento sobre quais fatores e quais interações geram maior impacto na variável resposta, é possível encontrar uma relação matemática entre os valores dos fatores e o resultado da variável resposta. Com isso conseguimos ajustar o processo para obter o valor de resposta desejado.



❖ Atividade Voitto Química



Ainda no exemplo da empresa **Voitto Química**, vamos utilizar o Otimizador de Respostas do Minitab.

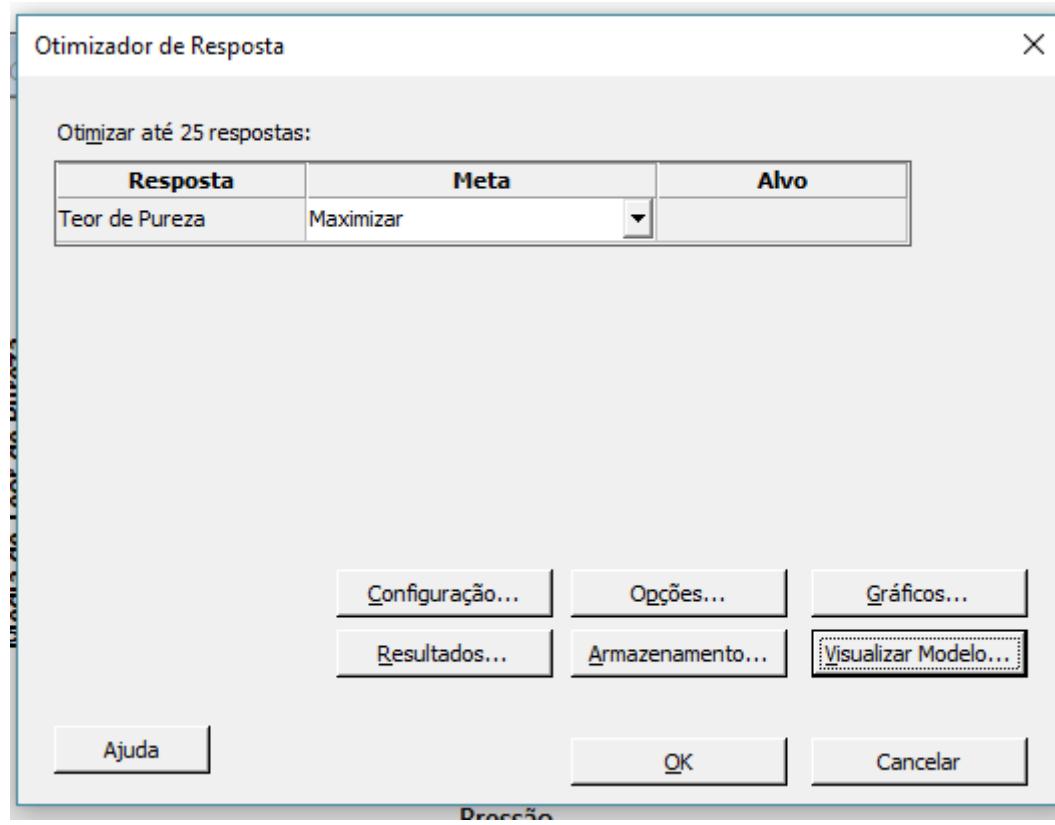
Selecione Stat > DOE (Planejamento de Experimentos) > Fatorial > Otimizador de Resposta...

The screenshot shows the Minitab menu bar with 'Estat' selected. Under 'Estat', the 'DOE (Planejamento de Experimento)' option is highlighted. In the 'DOE' submenu, 'Fatorial' is also highlighted. A dropdown menu for 'Fatorial' is open, showing various options: 'Criação de um Experimento Fatorial...', 'Definição de um Experimento Fatorial Personalizado...', 'Seleção de Experimento Ótimo...', 'Respostas do Pré-Processo para Análise de Variabilidade...', 'Análise de Experimento Fatorial...', 'Análise de Variabilidade...', 'Predizer...', 'Gráficos Fatoriais...', 'Gráfico de Cubo...', 'Gráfico de Contorno...', 'Gráfico de Superfície...', 'Gráfico de Contorno Sobreposto...', and 'Otimizador de Resposta...'. The 'Otimizador de Resposta...' option is highlighted with a blue selection bar. Below the menu, a scatter plot titled 'Teor de Pureza' is visible, showing data points for 'Pressão * Marca'.

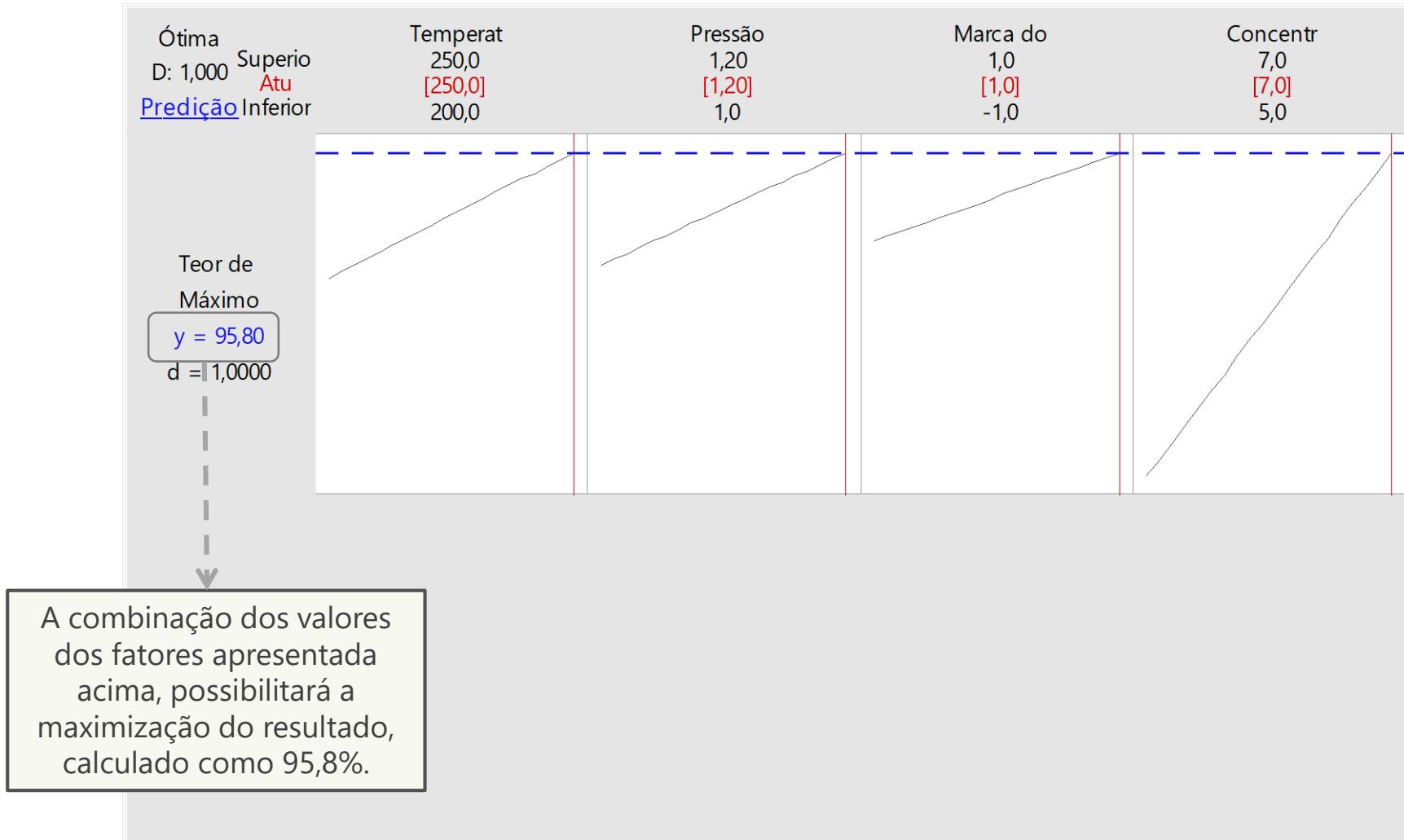
❖ Atividade Voitto Química



Selecione Maximizar em Meta > Clique OK.



❖ Atividade Voitto Química





Módulo 5

DMAIC: Fase de Melhoria

- Lição 1: Descrição da Fase de Melhoria;*
- Lição 2: Diagrama de Árvore;*
- Lição 3: Matriz de Priorização de Soluções;*
- Lição 4: Plano de Ação - 5W2H;*
- Lição 5: DOE – Planejamento de Experimentos;*
- Lição 6: Atividade do Helicóptero;***
- Lição 7: Ferramentas de Melhoria do Lean;*
- Consolidação do Conhecimento.*

❖ *Atividade dos Helicópteros*

- A sua equipe de projetos foi desafiada a conseguir aumentar o tempo de voo de um modelo de helicóptero feito de papel e clips. Atualmente, os modelos que ficam mais tempo no ar, quando são lançados de uma altura de 2,1 metros, conseguem voar por 3 segundos.

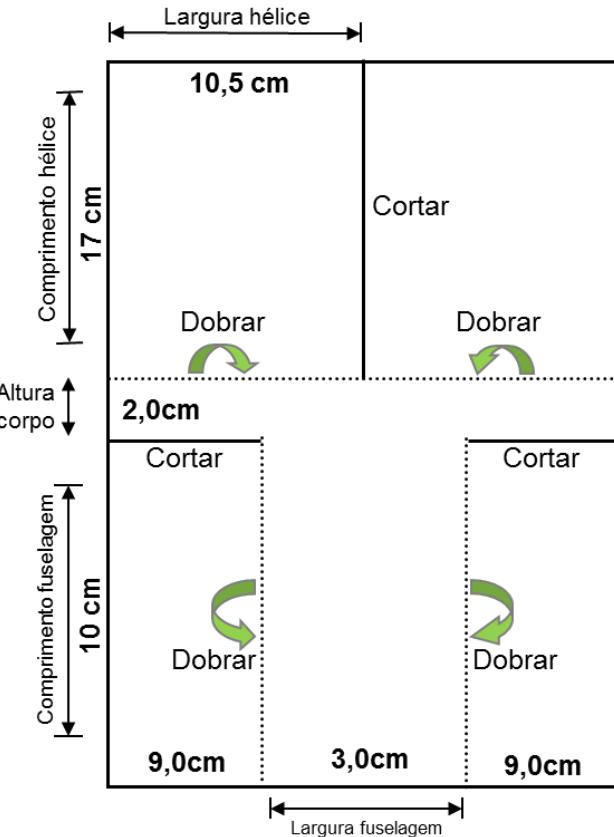
- **Utilizando apenas a ferramenta de Planejamento de Experimentos (DOE),** o desafio da sua equipe será trabalhar os fatores controláveis do helicóptero de papel para aumentar o seu tempo de voo, ultrapassando a melhor média atual que é de 3 segundos.

❖ Atividade dos Helicópteros

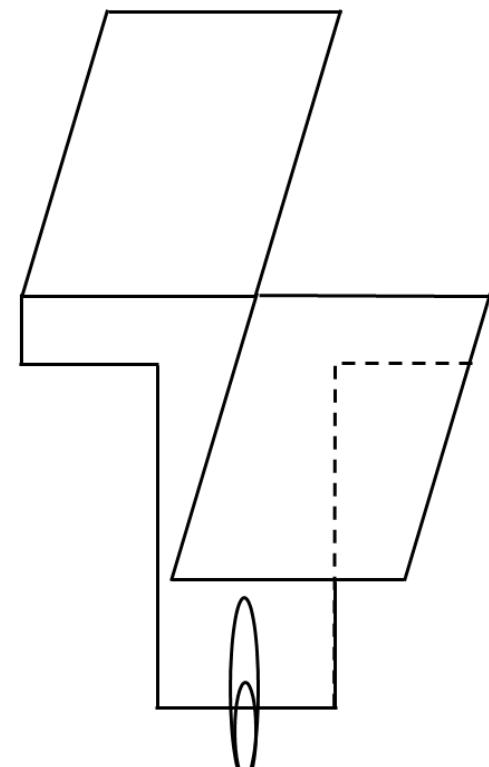
PASSO 1: Construção do modelo atual do helicóptero

- Construa um único modelo do helicóptero atual (original) usando uma folha de papel A4 e as instruções abaixo.

Formato Básico do Helicóptero



Helicóptero Montado



Clips

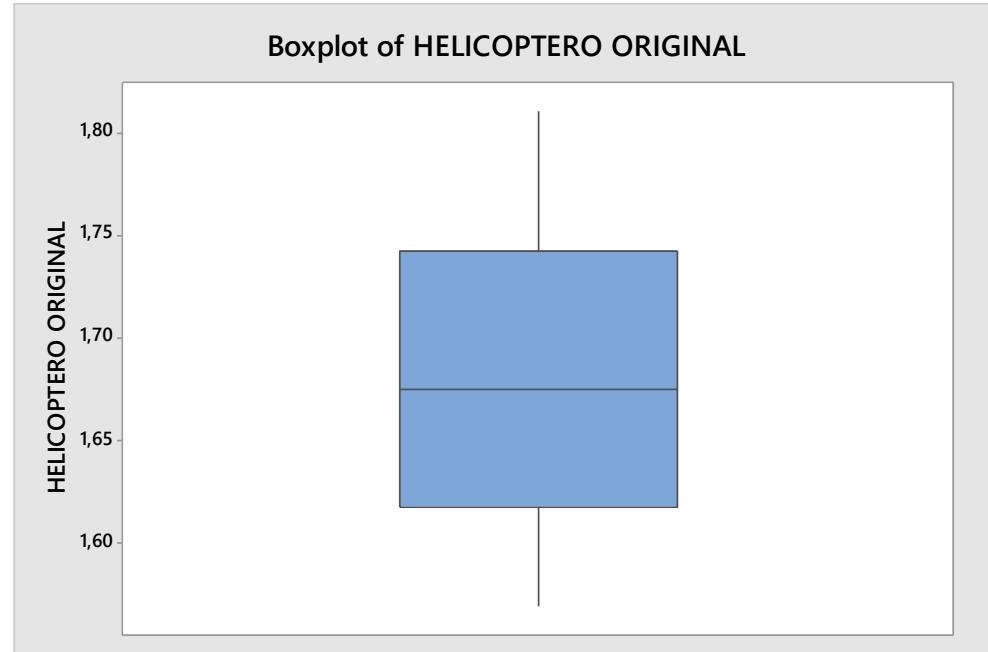
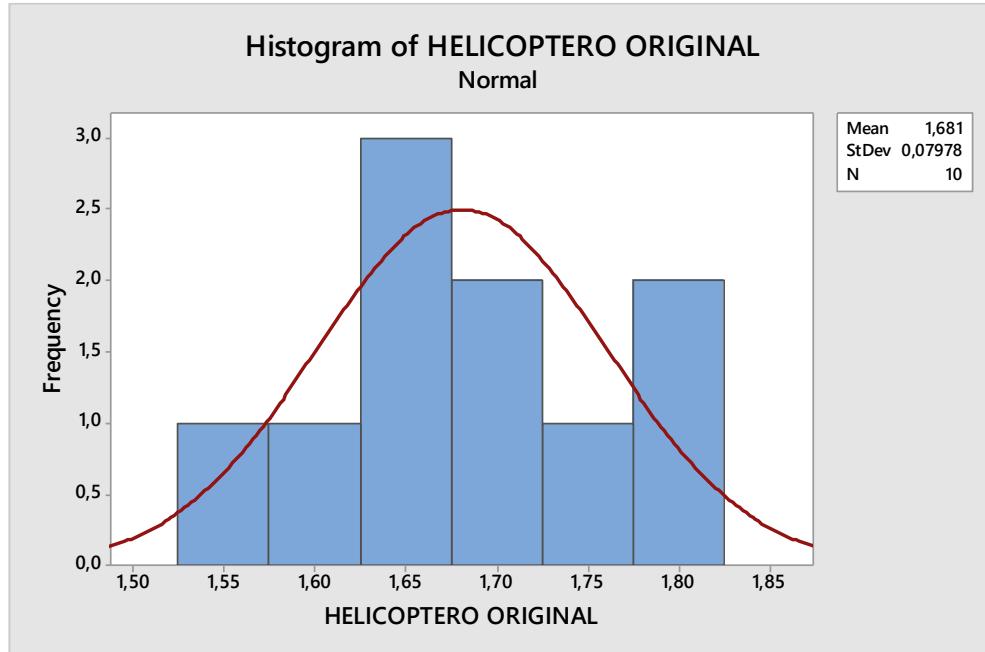
❖ *Atividade dos Helicópteros*

PASSO 2: MEDIÇÃO DO TEMPO DE VOO DO HELICÓPTERO ATUAL

- ❑ Coletar os dados históricos para o tempo de voo, realizando 10 lançamento de uma altura de 2,1 metros.
- ❑ Analisar os dados cronometrados no software Minitab. Utilize a Estatística Descritiva, Histograma e Boxplot.

❖ Atividade dos Helicópteros

- Os resultados do lançamento do helicóptero atual estão apresentados abaixo:



Descriptive Statistics: HELICOPTERO ORIGINAL

Variable	Total	Count	Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum	Range
HELICOPTERO ORIGINAL		10	1,6810	0,0798	1,5700	1,6175	1,6750	1,7425	1,8100	0,2400

❖ *Atividade dos Helicópteros*

PASSO 3: DEFINA OS FATORES QUE PODEM SER MELHORADOS NO MODELO DE HELICÓPTERO ATUAL

- ❑ Escolha 5 fatores da lista abaixo para a sua equipe testar no Experimento Fatorial Completo.
 - Largura da Hélice
 - Comprimento da Hélice
 - Largura da Fuselagem
 - Comprimento da Fuselagem
 - Clips
 - Altura do Corpo

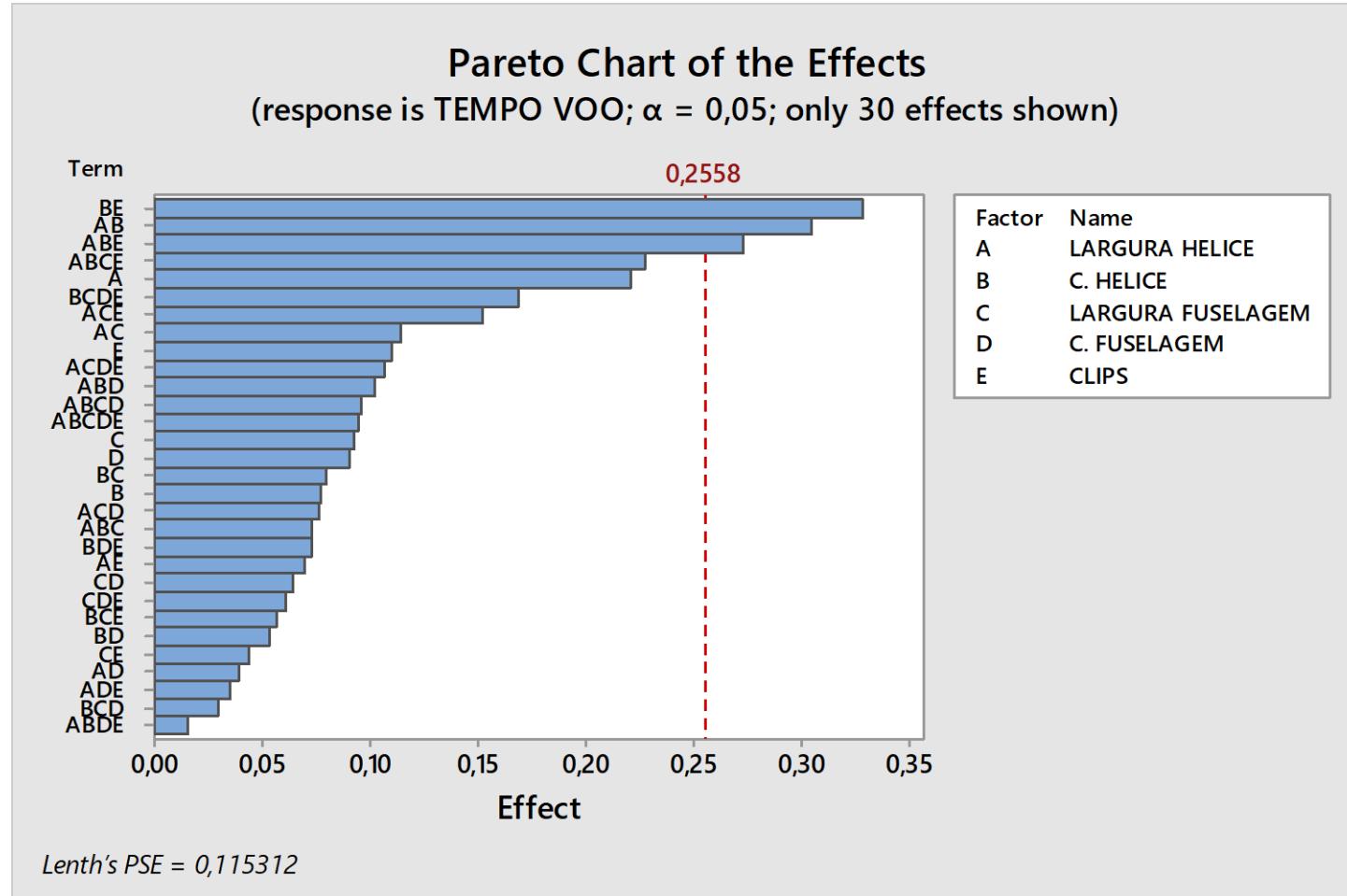
❖ *Atividade dos Helicópteros*

PASSO 4: REALIZE TODOS OS EXPERIMENTOS NA PRÁTICA E FAÇA A ANÁLISE DOS RESULTADOS NO MINITAB

- Com os resultados do Experimento Fatorial Completo, verifique quais são os fatores significativos e quais níveis são os melhores para aumentar o tempo de voo.
- Ao definir a melhor combinação de fatores e níveis, defina o modelo ideal de helicóptero.

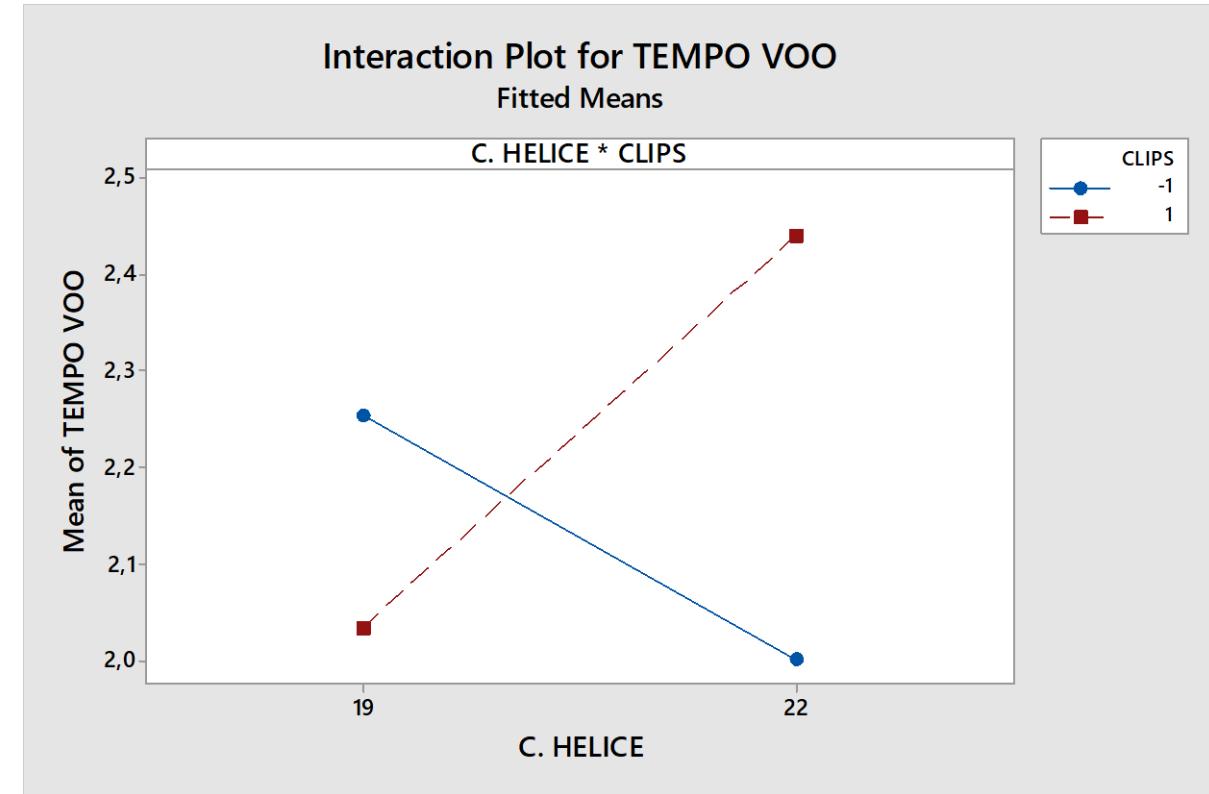
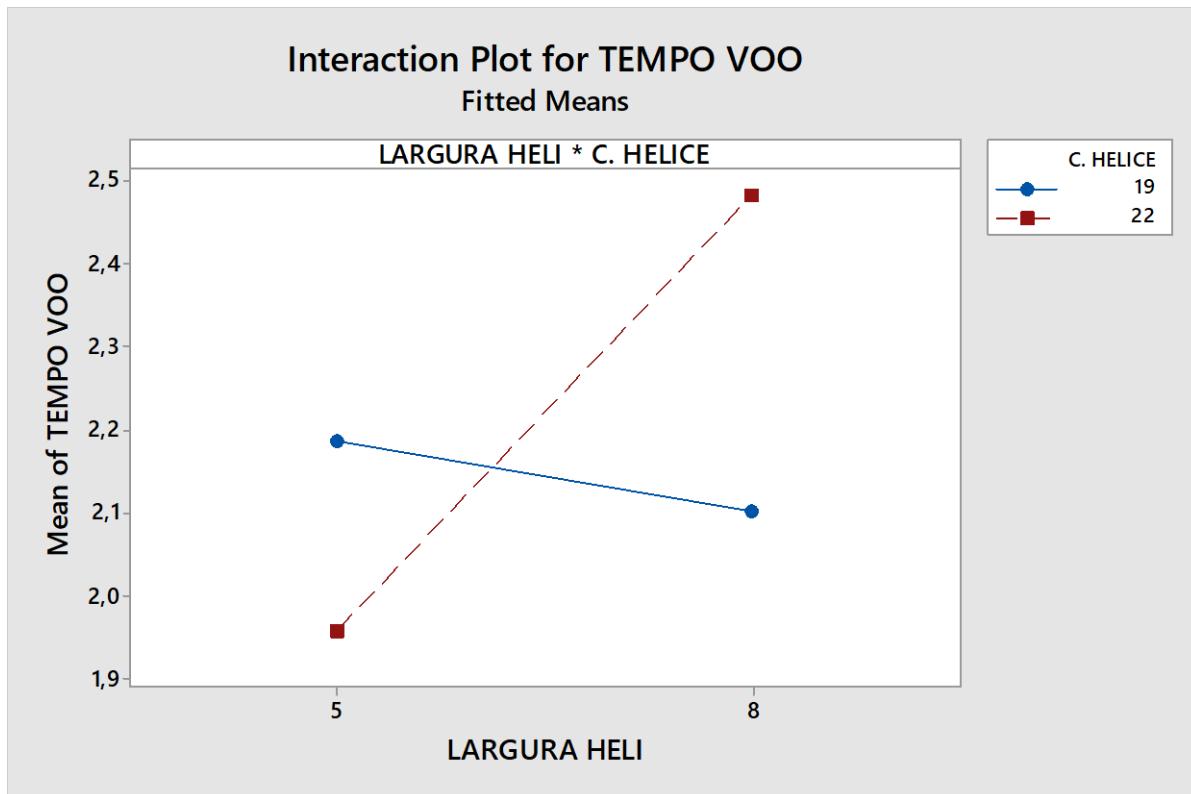
❖ Atividade dos Helicópteros

- Os resultados do Experimento Fatorial Completo estão apresentados abaixo:



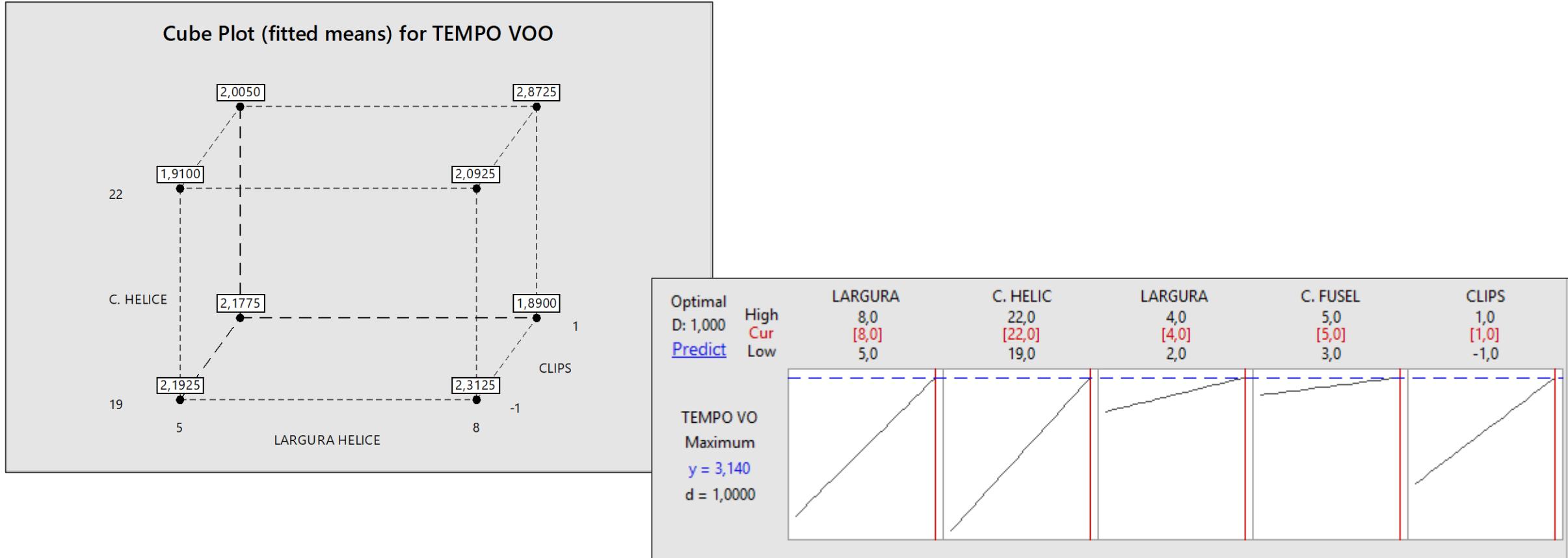
❖ Atividade dos Helicópteros

- Os resultados do Experimento Fatorial Completo estão apresentados abaixo:



❖ Atividade dos Helicópteros

- Os resultados do Experimento Fatorial Completo estão apresentados abaixo:



❖ *Atividade dos Helicópteros*

PASSO 5: MEDIR O TEMPO DO MODELO IDEAL ESCOLHIDO

- Faça 10 lançamentos do modelo ideal e calcule o tempo médio de voo. Verifique se o tempo de 3 segundos de voo foi superado.
- **Compare tempo médio de voo e desvio padrão do modelo original e do novo modelo.**

❖ Atividade dos Helicópteros

- ❑ Qual é o percentual de melhoria na performance entre o modelo original e o novo?
- ❑ A meta de superar os 3 segundos de tempo de voo foi superada?

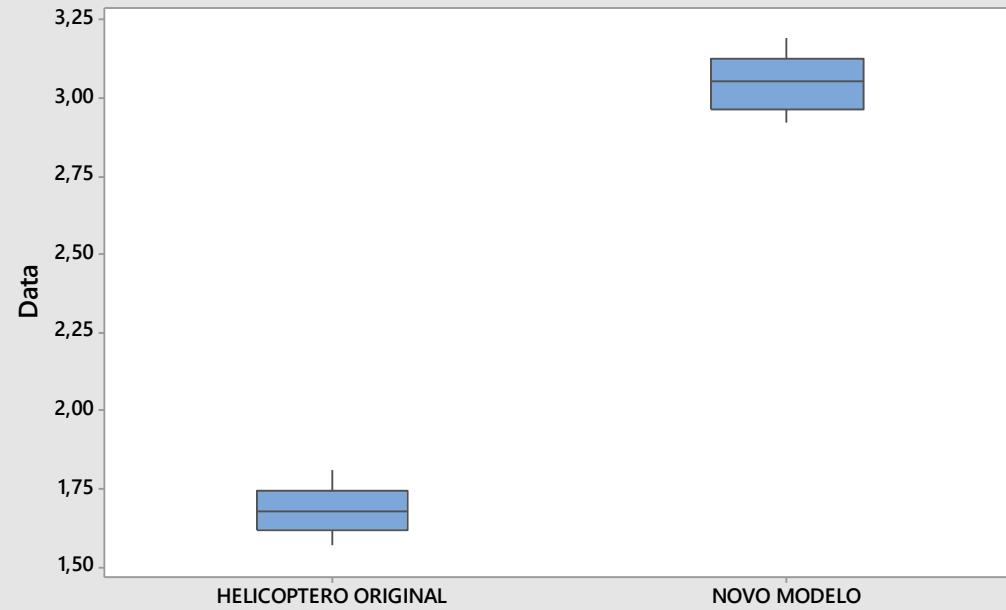
Descriptive Statistics: HELICOPTERO ORIGINAL

Variable	Count	Total								
		Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	
HELICOPTERO ORIGINAL	10	1,6810	0,0798	1,5700	1,6175	1,6750	1,7425	1,8100	0,2400	

Descriptive Statistics: NOVO MODELO

Variable	Count	Total								
		Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	
NOVO MODELO	10	3,0540	0,0892	2,9200	2,9625	3,0550	3,1225	3,1900	0,2700	

Boxplot of HELICOPTERO ORIGINAL; NOVO MODELO





Módulo 5

DMAIC: Fase de Melhoria

- Lição 1: Descrição da Fase de Melhoria;*
- Lição 2: Diagrama de Árvore;*
- Lição 3: Matriz de Priorização de Soluções;*
- Lição 4: Plano de Ação - 5W2H;*
- Lição 5: DOE – Planejamento de Experimentos;*
- Lição 6: Atividade do Helicóptero;*
- Lição 7: Ferramentas de Melhoria do Lean;***
- Consolidação do Conhecimento.*



❖ As ferramentas de Melhoria do Lean

- ❑ Estabilização
 - Os 5 senso
 - Trabalho padronizado
 - Gestão Visual
- ❑ Just in time
 - Fluxo Contínuo
 - Produção Puxada / Kanban
- ❑ Qualidade na origem (Andon e Poka Yoke)
- ❑ Setup rápido – SMED
- ❑ Manutenção Produtiva Total - TPM



❖ As ferramentas de Melhoria do Lean

- ❑ Estabilização
 - **Os 5 senso**
 - Trabalho padronizado
 - Gestão Visual
- ❑ Just in time
 - Fluxo Contínuo
 - Produção Puxada / Kanban
- ❑ Qualidade na origem (Poka Yoke)
- ❑ Setup rápido – SMED
- ❑ Manutenção Produtiva Total - TPM

❖ *Princípios do 5S*



Metodologia **simples**, de **fácil entendimento**, que visa aperfeiçoar o comportamento das pessoas. Envolve uma **mudança de hábitos e atitudes**, melhorando o ambiente de trabalho e a qualidade de vida dos funcionários.

5S



❖ 1º Senso – Utilização/Descarte

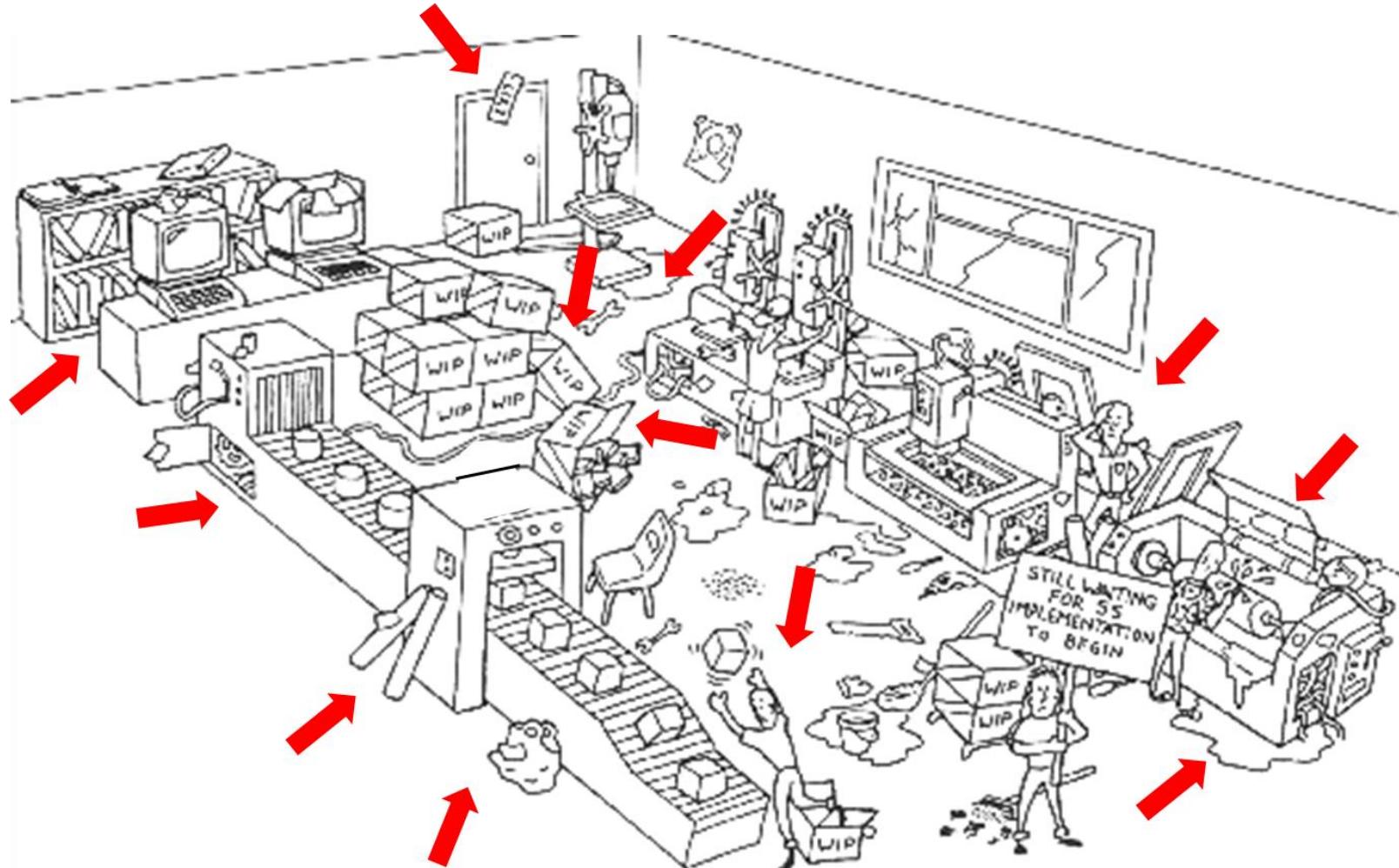
Devemos ter **apenas o que necessitamos**, distinguindo o que é necessário do que não é, evitando o desperdício de coisas materiais e de nosso próprio esforço.

Perguntas Normalmente Utilizadas:

- “Este equipamento tem realmente conserto?”
- “Esta máquina voltará a ser utilizada?”
- “Estes relatórios precisam ser mantidos por quanto tempo?”
- “O que realmente é importante para que eu possa tomar minhas decisões?”

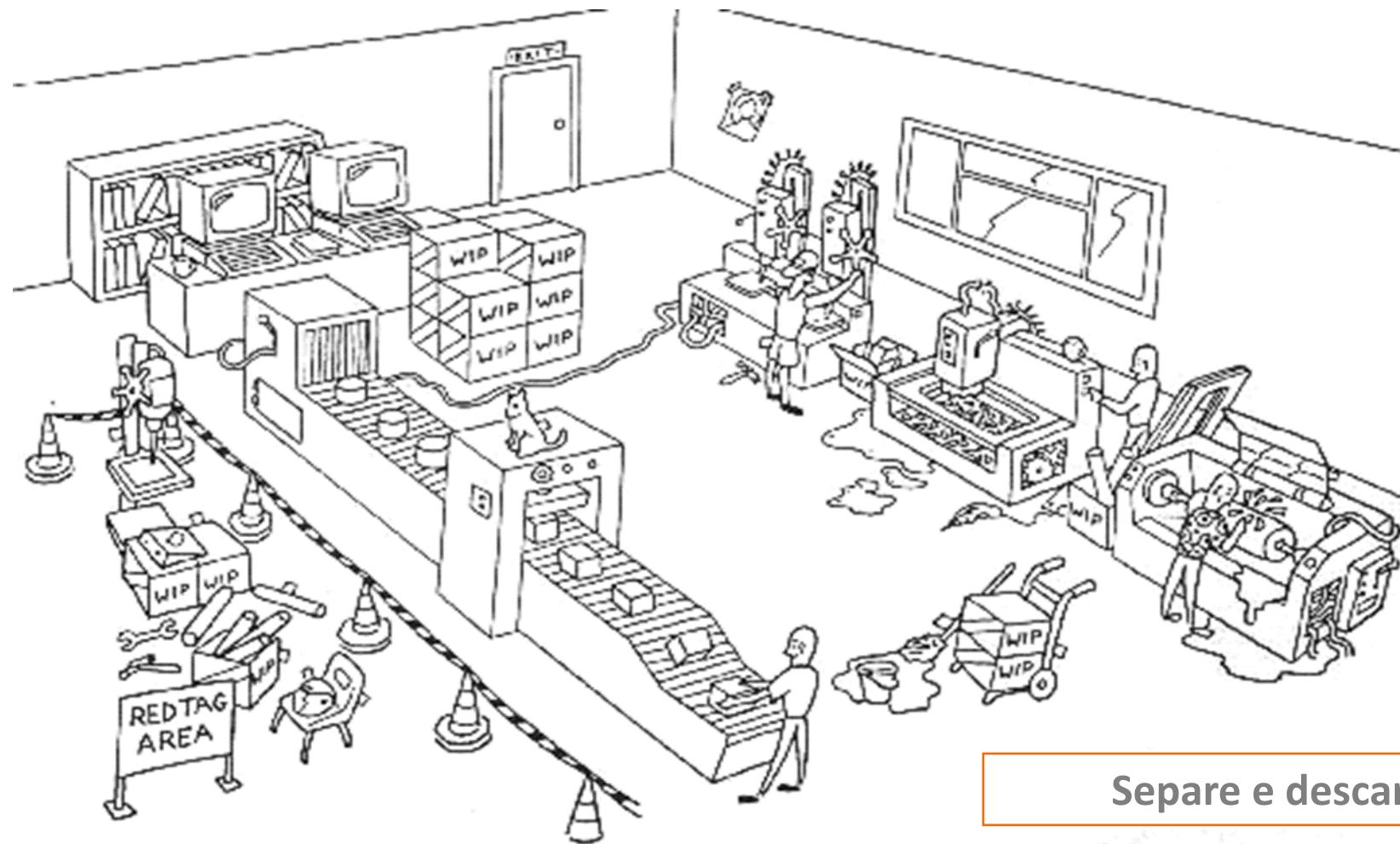


❖ 1º Senso – Utilização/Descarte





❖ 1º Senso – Utilização/Descarte



Separe e descarte!



❖ 2º Senso – Ordenação

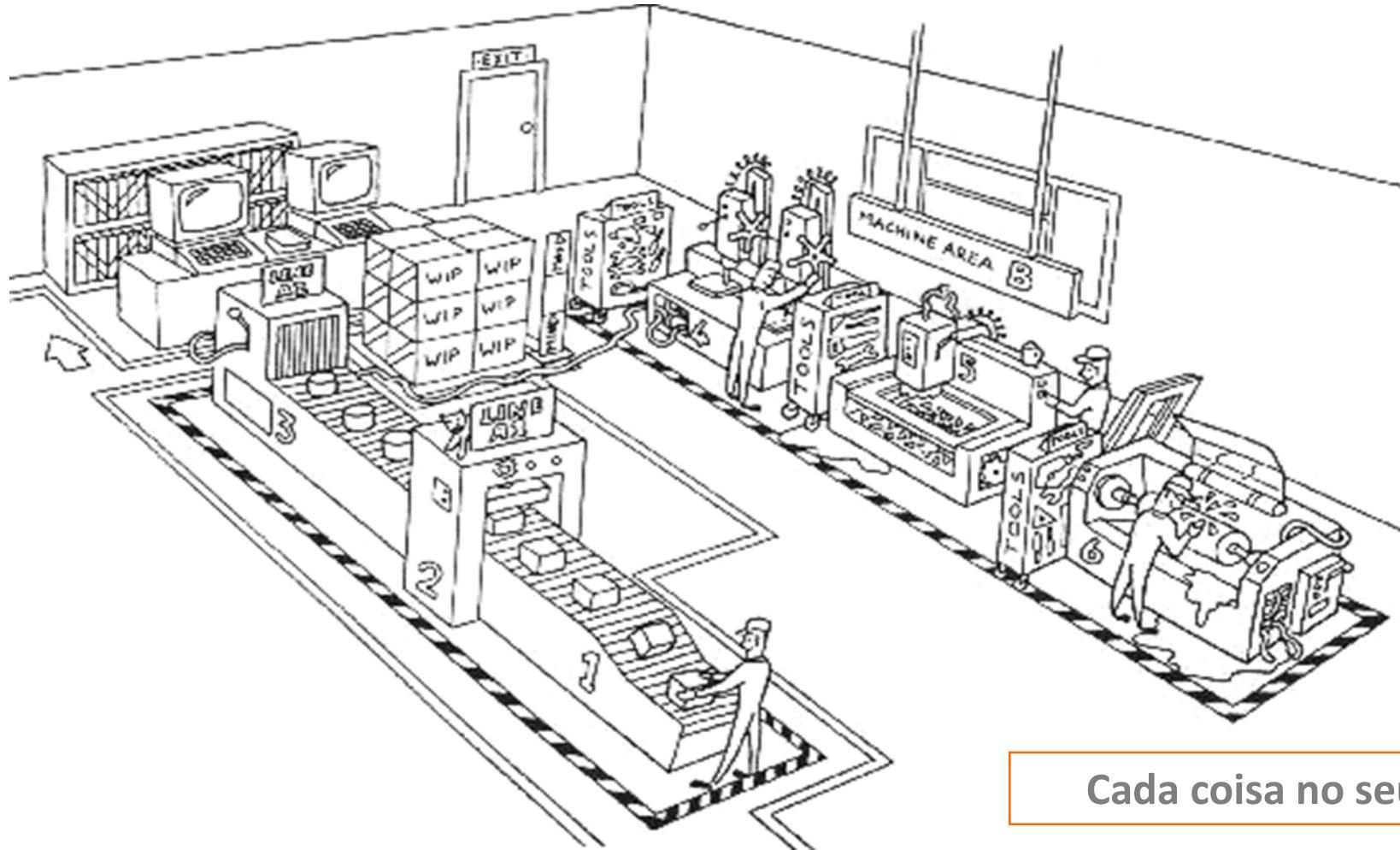
Devemos arrumar o que for necessário utilizando uma metodologia eficiente para **facilitar o acesso e manuseio**. Arrumar simplesmente não basta, devemos estabelecer critérios para ordenação pois só assim, conseguiremos organizar tudo com eficácia.

Possíveis Ações:

- Padronizar objetos;
- Utilizar cores nas identificações dos objetos;
- Identificar armários e estantes;
- Numerar os documentos;
- Identificar locais de riscos.



❖ 2º Senso – Ordenação



Cada coisa no seu lugar!



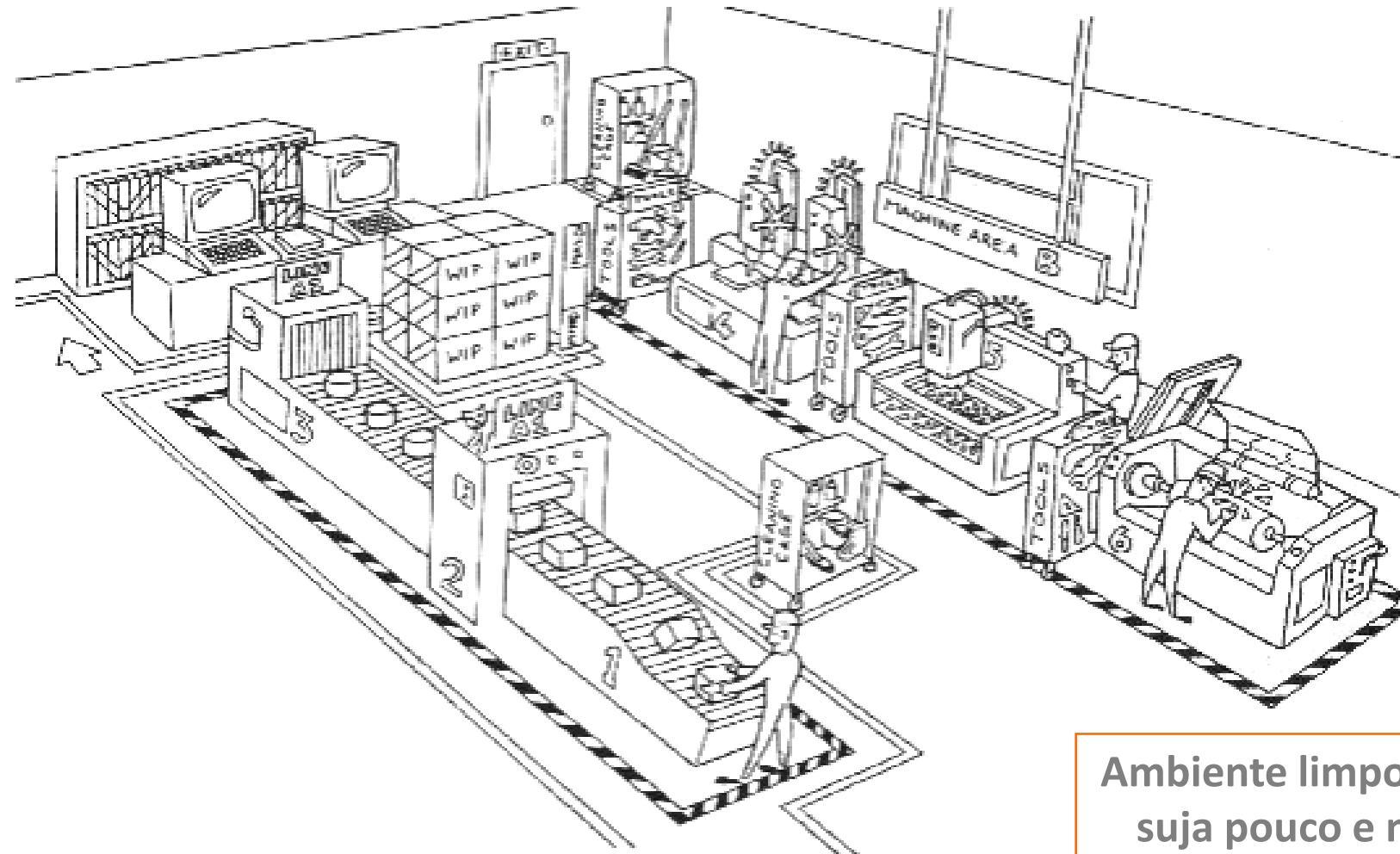
❖ 3º Senso – Limpeza

Manter o **local de trabalho e equipamentos limpos** e adequados para **uso imediato**, assim, dá oportunidade para identificar o motivo da sujeira e mau funcionamento dos equipamentos. A limpeza deve ser encarada como uma forma de inspeção, pois, se houver sistemática poderemos detectar e corrigir as falhas nos equipamentos e máquinas.

Possíveis Ações:

- Levantamento dos materiais necessários à limpeza;
- Definição de equipes e responsabilidades;
- Utilizar limpeza como forma de inspeção.

❖ 3º Senso – Limpeza



Ambiente limpo é aquele que
suja pouco e não o que se
limpa com muita frequência!



❖ 4º Senso – Saúde

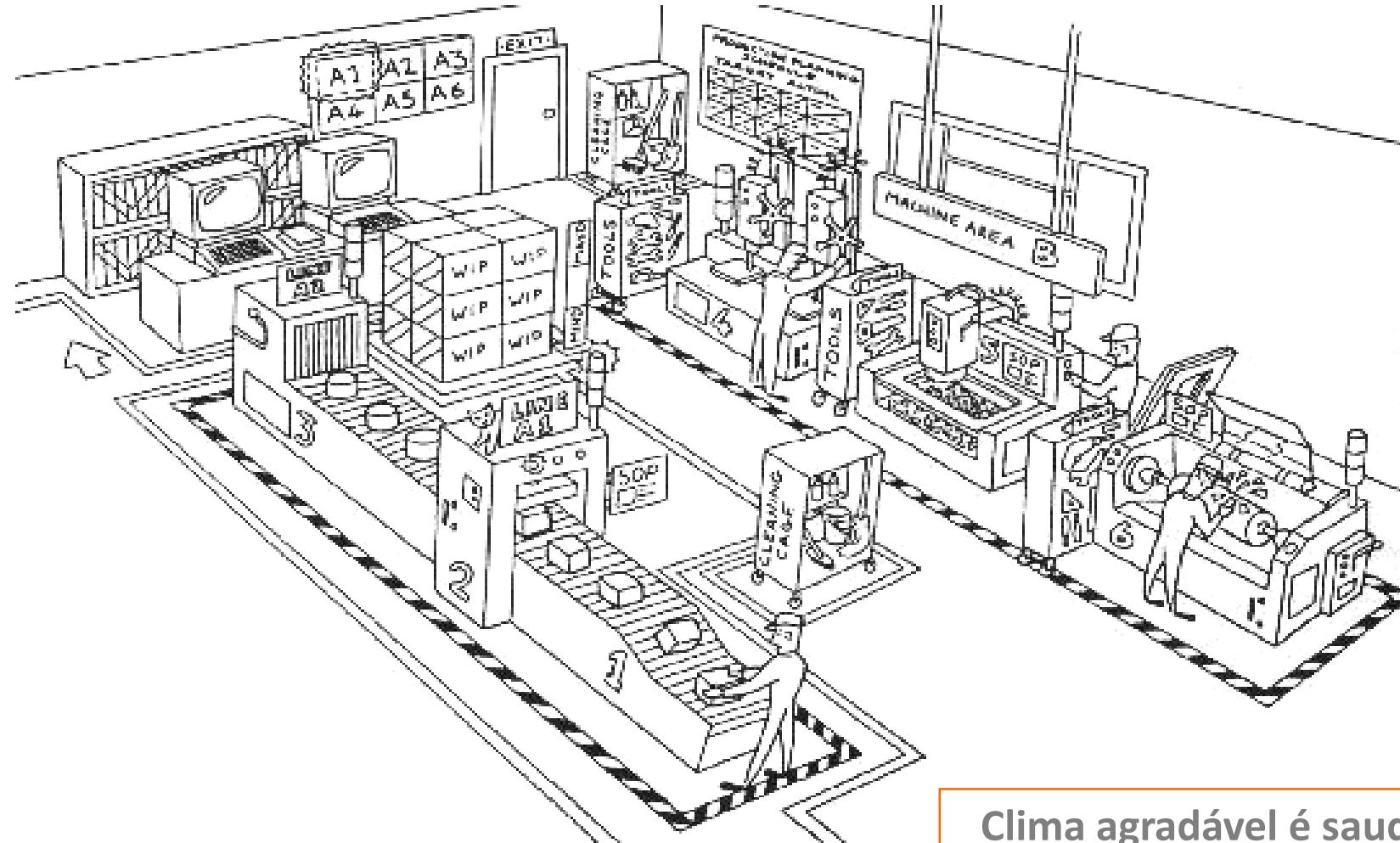
Também considerado como senso de colaboração, permite criar comprometimento entre os funcionários para que os mesmos criem e mantenham os padrões de limpeza.

Preocupa-se com a **saúde dos colaboradores** em nível físico, mental e emocional e os aspectos relacionados com a poluição ambiental.

Possíveis Ações:

- Estabelecer condições para controle visual;
- Manter o clima organizacional agradável;
- Reduzir os ruídos;
- Cuidar da saúde dos colaboradores;
- Elaborar Plano de Manutenção para os 3 primeiros senso.

❖ 4º Senso – Saúde



Clima agradável é saudável!



❖ 5º Senso – Autodisciplina

Tem como objetivo criar maior respeito e comprometimento em relação a empresa, **cumprindo-se disciplinadamente** o que foi determinado.

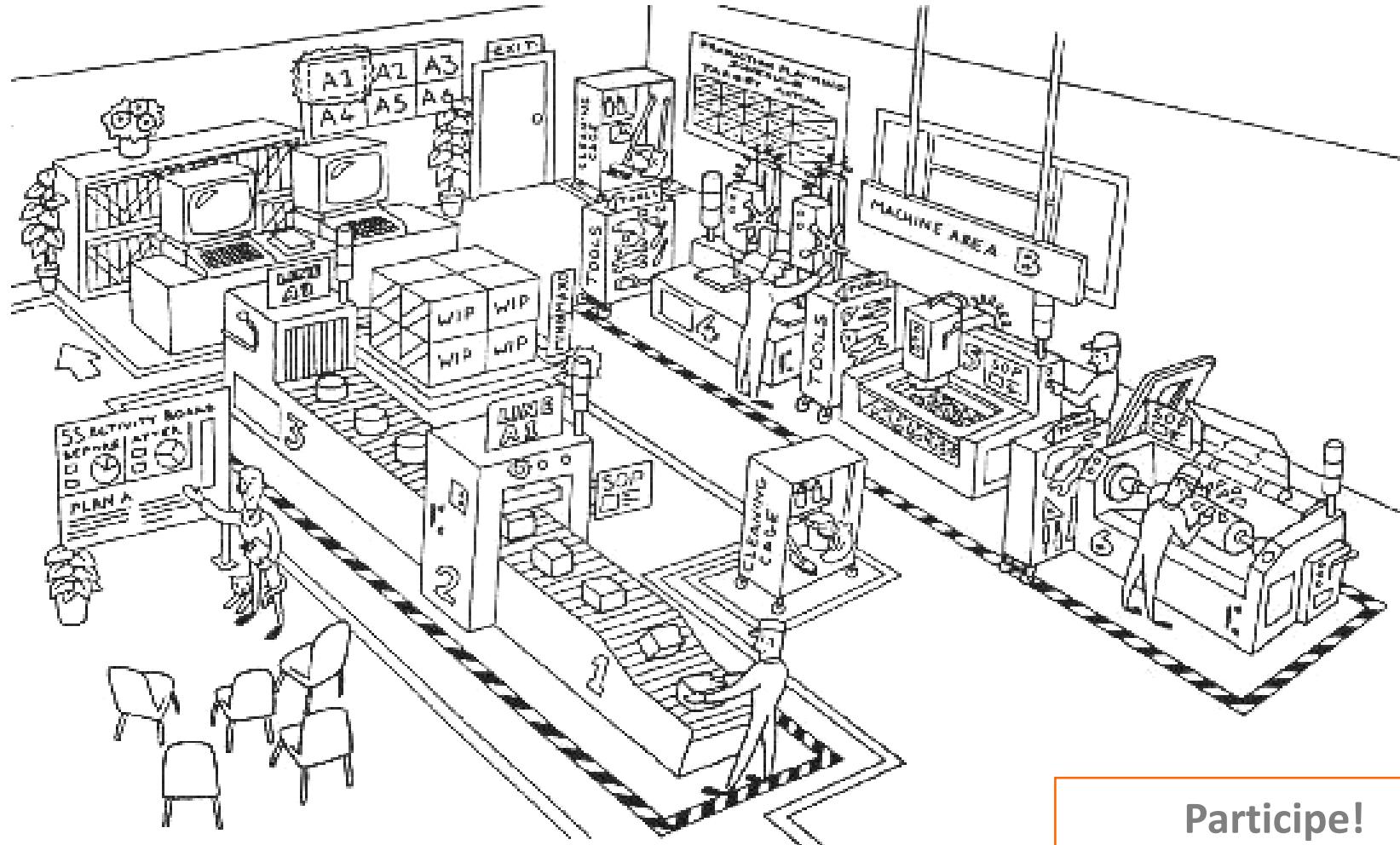
O importante agora é manter todos os outros 4 senso em funcionamento constante. Para isso, é necessário a criação de um Programa 5S Corporativo e incentivo dos funcionários.

Possíveis Ações:

- Reconhecer a importância da existência e do cumprimento de regras;
- Elaborar normas e procedimentos claros;
- Saber criticar e receber críticas de maneira construtiva;
- Compartilhar os valores do Programa 5S;
- Criar mecanismos de avaliação e motivação;
- Participar de treinamentos;
- Realizar as tarefas com responsabilidade.



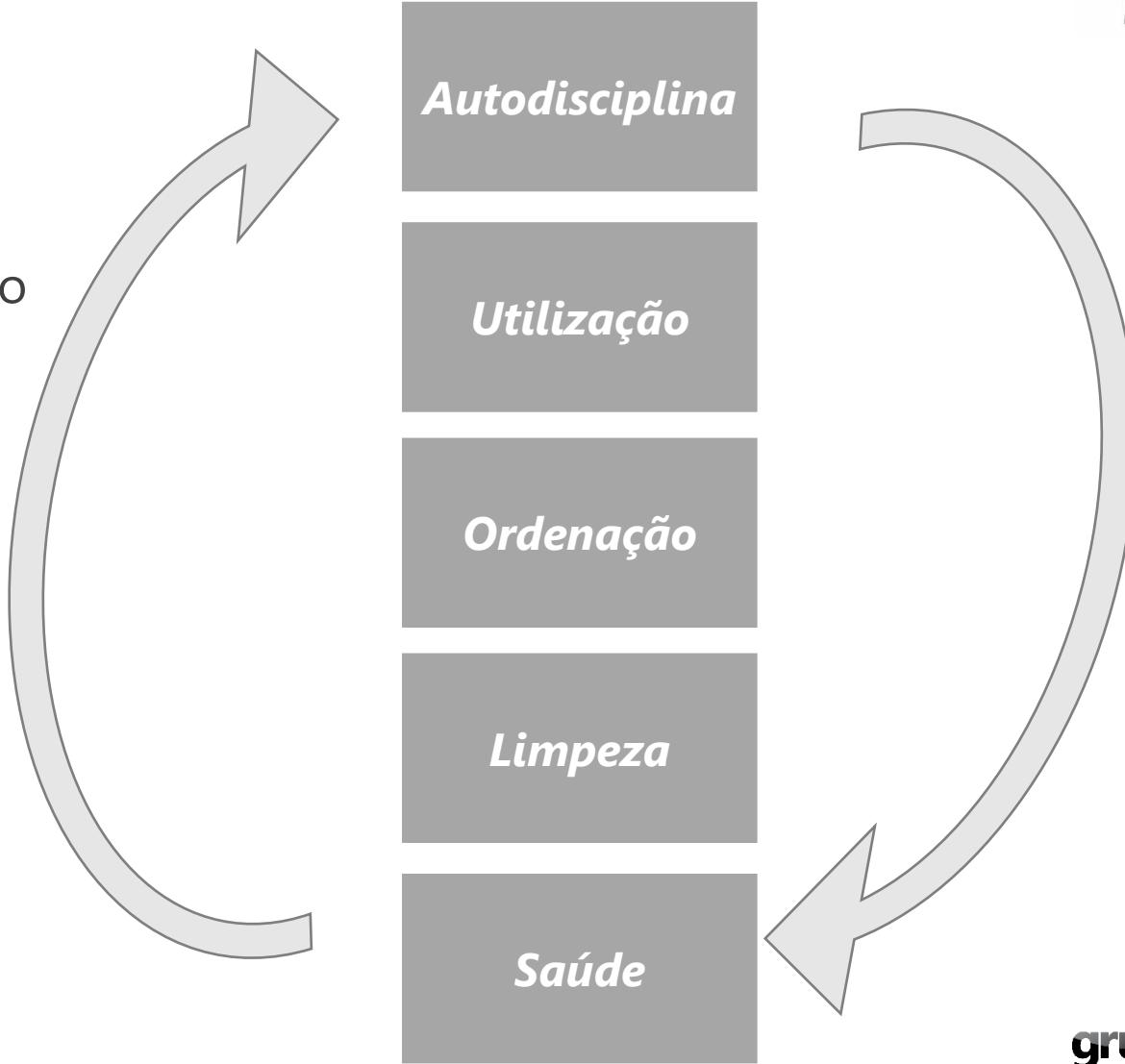
❖ 5º Senso – Autodisciplina



Participe!

❖ Visão Sistêmica do 5S

A **autodisciplina** garante o cumprimento dos outros quatro senso!



❖ Atividade Prática - 5S



- ❑ Imagine que a tela com números e letras que apresentaremos a seguir representa uma estação de trabalho com ferramentas e outros itens. Vamos entender a melhoria que os 5 senso pode trazer para o ambiente de trabalho e como isso pode nos ajudar a evitar desperdícios.

- ❑ **O desafio será** contar em sequência os números da tela a seguir (de 1 a 40), mas você terá 15 segundos para fazer isso. Até que número você consegue contar?

❖ Atividade Prática - 5S



ACABOU O TEMPO



❖ Atividade Prática - 5S



- ❑ Agora vamos imaginar que aplicamos o senso de Utilização e deixamos apenas o que realmente utilizamos na estação de trabalho. Os números de 1 a 30 foram deixados na tela e representam tudo que é utilizado.

- ❑ Agora contaremos novamente os números em sequência, com o mesmo tempo de 15 segundos. **Quantos números você consegue contar dessa vez?**

❖ Atividade Prática - 5S



1

14

4

2

12

26

30

3

23

9

16

5

6

19

ACABOU O TEMPO

15

22

8

18

11

7

28

20

10

17

24

21

29

25

13

27

❖ Atividade Prática - 5S



Agora vamos imaginar os senso de Utilização, Ordenação e Limpeza foram aplicados. Como você imagina que a tela ficaria? Quantos números vamos conseguir contar em 15 segundos?

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30



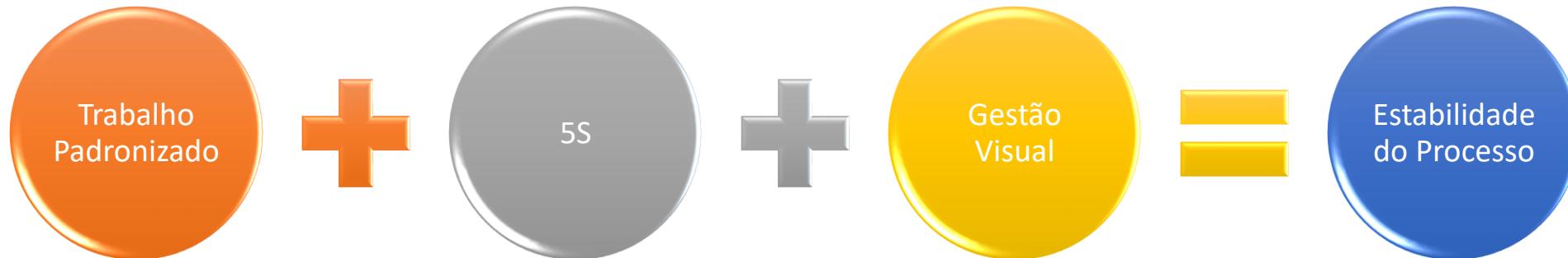
❖ As ferramentas de Melhoria do Lean

- ❑ Estabilização
 - Os 5 senso
 - **Trabalho padronizado**
 - Gestão Visual
- ❑ Just in time
 - Fluxo Contínuo
 - Produção Puxada / Kanban
- ❑ Qualidade na origem (Poka Yoke)
- ❑ Setup rápido – SMED
- ❑ Manutenção Produtiva Total - TPM



❖ *Trabalho Padronizado*

- ❑ A estabilidade é condição primordial para qualquer processo de melhoria. Somente processos estáveis podem ser melhorados continuamente.
- ❑ No Lean Seis Sigma, temos algumas ferramentas que visam garantir a estabilidade para sustentar os resultados do projeto no médio e longo prazo: trabalho Padronizado, aplicação do 5S e a gestão visual.





❖ *Trabalho Padronizado*

- ❑ **O trabalho padronizado** é a ferramenta de formação dos colaboradores com o intuito de garantir a ação adequada, a sequência exata de trabalho e para instaurar o trabalho de equipe. Ele também garante a qualidade e a produtividade.





❖ *Procedimento Operacional Padrão*

O Procedimento Operacional Padrão (POP) é a forma como o trabalho padronizado é registrado. Seu objetivo é a utilização nas operações da empresa, facilitando a execução das atividades e também o treinamento de operadores e supervisores.

Pontos Importantes:

- Devem ter as informações em linguagem adequada para quem vai utilizá-los;
- Devem conter instruções e não contar histórias;
- Podem conter: instruções, fluxogramas, fotos, possíveis ações corretivas;
- Aprovação formal do responsável pelo processo.

❖ Procedimento Operacional Padrão



PROCEDIMENTO OPERACIONAL		NOME DO PROCESSO MONTAGEM FINAL	AUTORIZADO POR:	VERIFICADO POR:	PREPARADO POR:
NOME DA OPERAÇÃO	MONTAGEM DA COBERTURA TRASEIRA	PONTOS IMPORTANTES	FACE FRONTAL		
		PASSO CRÍTICO 1 ASSENTAMENTO DA COBERTURA TRASEIRA NOS ENCAIXES			
		PASSO CRÍTICO 2 APARAFUSANDO OS PARAFUSOS GRANDES			
		PASSO CRÍTICO 3 APARAFUSANDO OS PARAFUSOS PEQUENOS			
NOTA PRESSÃO DE AR DO APARAFUSADOR PNEUMÁTICO		$3 \text{ kg/cm}^2 - 4\text{Kg/cm}^2$			



❖ Procedimento Operacional Padrão

PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO		Número: INM-2060.DOC Total de Páginas: 02
Tarefa: Alimentação da Esteira		Data Confecção: 07/04/20XX Data Próx. Rev.: 07/07/20XX
Responsável: Operador de Incubatório	Setor: Sala de Ovos	Revisão Nº: 00 Data:
CONDIÇÕES/MATERIAIS NECESSÁRIOS		
1º) Sugador; 2º) Balde, rodo, pá e vassoura;	3º) Pano; 4º) Bomba com desinfetante;	5º) Mapa de classificação de ovos; 6º) Plano de trabalho.
DESCRÍÇÃO DAS ATIVIDADES		
LAYOUT DA SALA	<p>Sequência de Lotes 5 cartelas por vez</p> <p>SUGADOR</p> <p>Corrimãos com ovos do mesmo lote</p> <p>Sequência de Lotes 5 cartelas por vez</p> <p>SUGADOR</p>	<p>7º) Analisar o grau de sujeira das cartelas e separá-las no carrinho.</p> <p>SUJA MUITO SUJA</p>
RESULTADOS ESPERADOS		
<ul style="list-style-type: none"> • Colocar 285 a 320 cartelas por hora na esteira da máquina de classificação. • Evitar a colocação de ovos vazados na esteira de classificação. 		
AÇÕES CORRETIVAS NAS ANORMALIDADES		
<ul style="list-style-type: none"> • Em caso de problema de não sucção, acionar a manutenção. • Problemas de processo, chamar imediatamente o responsável pelas máquinas (organizador). 		
APROVADO		
<hr/> Gerente		<hr/> Supervisor



❖ As ferramentas de Melhoria do Lean

- ❑ Estabilização
 - Os 5 senso
 - Trabalho padronizado
 - **Gestão Visual**
- ❑ Just in time
 - Fluxo Contínuo
 - Produção Puxada / Kanban
- ❑ Qualidade na origem (Poka Yoke)
- ❑ Setup rápido – SMED
- ❑ Manutenção Produtiva Total - TPM

❖ Gestão Visual



- ❑ É a adoção do princípio da transparência na gestão.
- ❑ Transparência é a habilidade de um processo de se comunicar com as pessoas.

Como identificar um local de trabalho transparente?

- O fluxo do processo deve ser visível e comprehensível do início ao fim;
- Quando alguém com pouco conhecimento técnico entende o processo sem perguntas (local autoexplicativo)



❖ Gestão Visual

Os benefícios da gestão visual. Como obter a transparência ?

- Tornar o processo diretamente observável.
- Manter os senso de organização e limpeza (5S).
- Facilitar a medição de desempenho.
- Priorizar indicadores de processo (indicadores de esforço).
- Divulgar resultados (feedback) aos trabalhadores.
- Usar dispositivos visuais.**

❖ *Dispositivos Visuais*

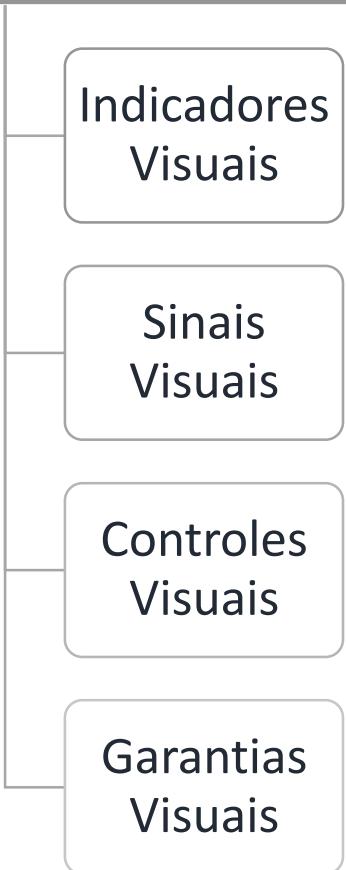


- ❑ Mecanismos intencionalmente projetados para compartilhar informação de modo instantâneo e influenciar o comportamento, sem dizer uma palavra.
- ❑ Inclui mensagens comunicadas por mais de um sentido como audição e visão (GERENCIAMENTO SENSORIAL!!)
- ❑ A força dos dispositivos visuais reside no fato de que tornam-se parte da rotina.



❖ *Dispositivos Visuais*

Tipos de Dispositivos Visuais



SUGEREM UM COMPORTAMENTO

GARANTEM UM COMPORTAMENTO



❖ *Dispositivos visuais*

- ❑ **INDICADORES VISUAIS:** A informação é simplesmente mostrada e a aderência ao seu conteúdo é voluntária. É passivo, apenas informativo.
- ❑ **SINAIS VISUAIS:** Esse dispositivo primeiro captura a atenção e depois entrega a mensagem. Ele muda, por isso captura nossa atenção.





❖ *Dispositivos visuais*

- ❑ **CONTROLES VISUAIS:** Cruza o limite do opcional para o obrigatório. Restringe as possíveis respostas.
- ❑ **GARANTIAS VISUAIS:** É projetado para fazer com que somente a coisa certa ocorra. O Poka-Yoke é um tipo de garantia visual.



Hospital: encaixe para ar comprimido tem diâmetro diferente do oxigênio



❖ As ferramentas de Melhoria do Lean

- ❑ Estabilização
 - Os 5 senso
 - Trabalho padronizado
 - Gestão Visual
- ❑ Just in time
 - **Fluxo Contínuo**
 - Produção Puxada / Kanban
- ❑ Qualidade na origem (Poka Yoke)
- ❑ Setup rápido – SMED
- ❑ Manutenção Produtiva Total - TPM

❖ ***Just in Time***



- ❑ **O just-in-time** é um dos pilares do Lean e seu objetivo é produzir apenas o necessário, quando necessário. Para isso os recursos devem ser entregues no momento certo, no local certo.

- ❑ Um processo deve ser capaz de responder à variação da demanda sem ter que buscar como solução o “excesso”. Exemplo: Excesso na capacidade instalada, excesso de estoque, etc.

❖ *Just in Time*



❑ O que favorece o Just in Time?



Equipamentos adequados ao processo (capacidade, mobilidade, custo);



Fluxo sem gargalos;



Células de trabalho organizadas para favorecer o fluxo;

❖ *Just in Time*



❑ O que favorece o Just in Time?



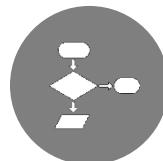
Colaboradores multifuncionais;



Operações ergonomicamente corretas;



Produção no ritmo correto;



Padronização das atividades.

❖ *Just in Time*



- ❑ Em resumo, o just-in-time nos ajuda a reduzir excesso, reduzir custos, otimizar nossa força de trabalho e otimizar nossos processos (gargalos).

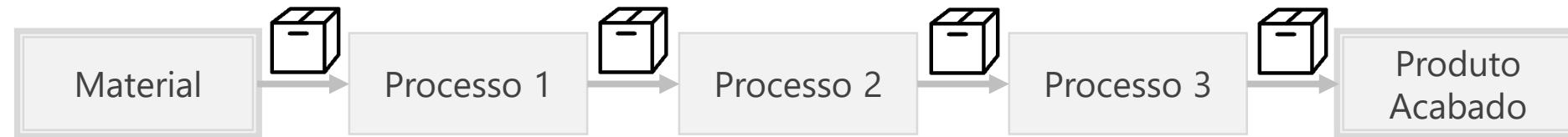
Resultados práticos:

- ❑ Redução do tempo total do processo (gargalos e outros desperdícios).
- ❑ Eliminação de loops (retrabalho).
- ❑ Redução de atividades que não agregam valor.
- ❑ Redução de custos desnecessários.

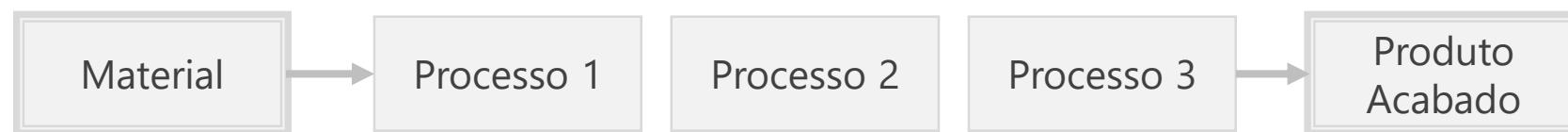


❖ Just in time - Fluxo Contínuo

Processos Isolados – Fluxo Interrompido (Estoque entre os processos):



Processos Agrupados – Fluxo Contínuo:



Produz uma peça de cada vez, que é passada imediatamente para o próximo estágio sem nenhuma parada entre eles e sem estagnações no processo. O objetivo é a redução do lead time pela redução dos desperdícios.

❖ As ferramentas de Melhoria do Lean

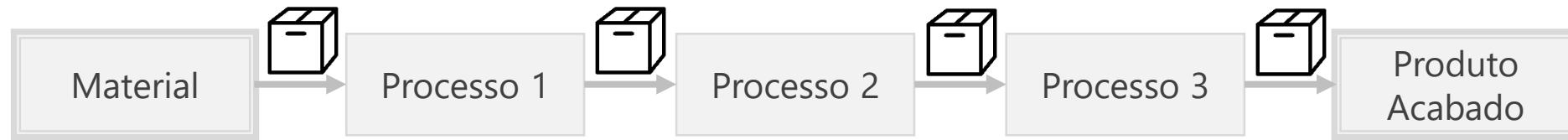


- ❑ Estabilização
 - Os 5 senso
 - Trabalho padronizado
 - Gestão Visual
- ❑ Just in time
 - Fluxo Contínuo
 - **Produção Puxada / Kanban**
- ❑ Qualidade na origem (Poka Yoke)
- ❑ Setup rápido – SMED
- ❑ Manutenção Produtiva Total - TPM



❖ Just in time - Produção Empurrada versus Puxada

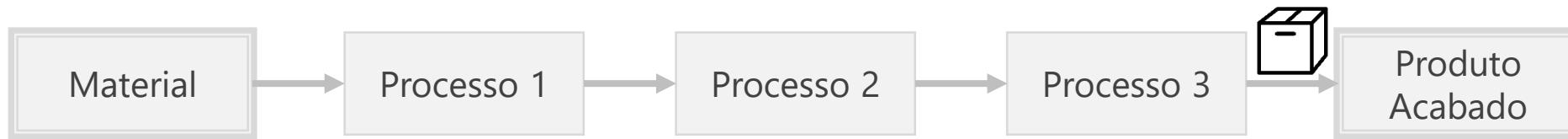
Produção Empurrada: é uma produção planejada baseada em uma previsão da demanda (MRP, ordens de produção), onde cada processo produz uma determinada quantidade **independente do consumo do processo seguinte.**



❖ *Just in time - Produção Empurrada versus Puxada*



Produção Puxada: é uma produção **controlada pelo consumo** realizado no processo seguinte. Por exemplo, o cliente compra um produto acabado, o Processo 3 solicita produto do Processo 2, que solicita do Processo 1, que solicita ao inventário de matéria prima ou diretamente do fornecedor.



1. Com o Sistema Puxado evitamos excessos, superprodução e encurtamos o Lead Time.
2. Uma premissa importante é garantir a qualidade! Uma etapa anterior do processo não entrega para a etapa posterior um “produto” com defeitos.

❖ Just in time - Produção Empurrada versus Puxada



- **Sistema Puxado** define que as atividades de cada etapa são realizadas com base na demanda da etapa seguinte. Puxamos o que é necessário, quando necessário e na quantidade certa.



1. Identificamos a necessidade de compra;
2. Vamos até o supermercado;
3. Escolhemos o produto na prateleira na quantidade necessária;
4. Fazemos a compra!

❖ *Just in time - Produção Empurrada versus Puxada*



- **Sistema Puxado com supermercado:** cada “produto” tem um supermercado, ou seja, onde fica armazenada uma certa quantidade definida do produto. Controlamos a retirada e a reposição do produto utilizando o Kanban.
- **O ponto chave** é determinar o tamanho do supermercado, ou seja, a quantidade limite que desejamos de cada item. Conseguimos chegar nesse valor tendo conhecimento do takt time.



❖ *Kanban – Um Sinal de Puxar*



Método de programação da produção baseado no envio de cartões, do cliente para o fornecedor de peças

O kanban (cartão) é um meio de comunicação visual, simples e rápido de gestão diária da produção:

- Controla o estoque em processo;
- Dispara a reposição de materiais;
- É um sistema descentralizado;
- Promove a melhoria contínua.

ÂNGULO DIREITO		VERMELHO
DESENHO	PEÇA NÚMERO 18407	ENTREGA HORA/DIA 08/12/16/20
	QUANTIDADE 50	FORNECEDOR BOMBA MK IV
	ENTREGAR A MOTOR (R8)	EMBALAGEM CONTENTOR 3

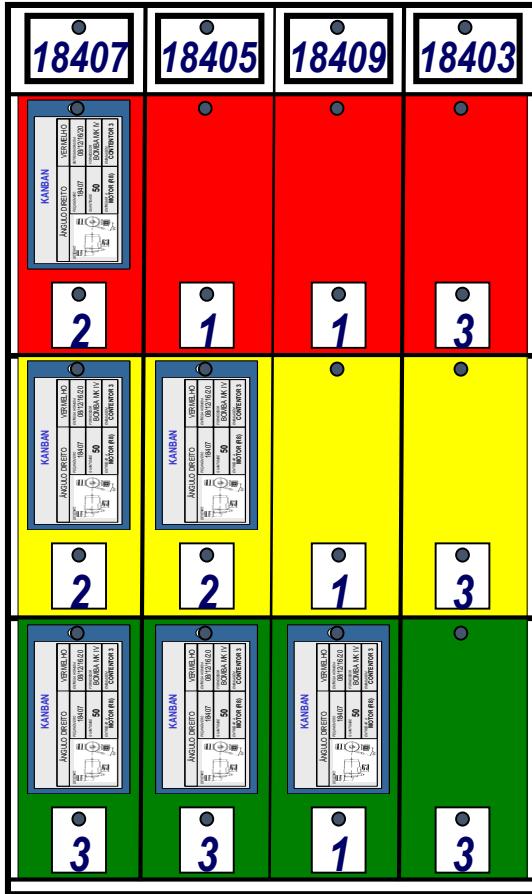
VERSO

CASO ESTE CARTÃO SEJA
ENCONTRADO DESACOMPANHADO DO
CONTENTOR, FAVOR DEVOLVER OU
REMETER PARA:

MOTOR R8
OBRIGADO



❖ Kanban - Quadro de Controle



KANBAN

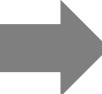
ÂNGULO DIREITO	VERMELHO
	PEÇA NÚMERO 18407 ENTREGA HORA/DIA 08/12/16/20
	QUANTIDADE 50 FORNECEDOR BOMBA MK IV
	ENTREGAR A MOTOR (R8) EMBALAGEM CONTENTOR 3

❖ *Kanban x Requisição de Material*



Requisição de Material (RM):

- Qualquer quantidade;
- Qualquer item;
- Qualquer momento;
- Cliente: qualquer processo;
- Fornecedor: Almoxarifado.

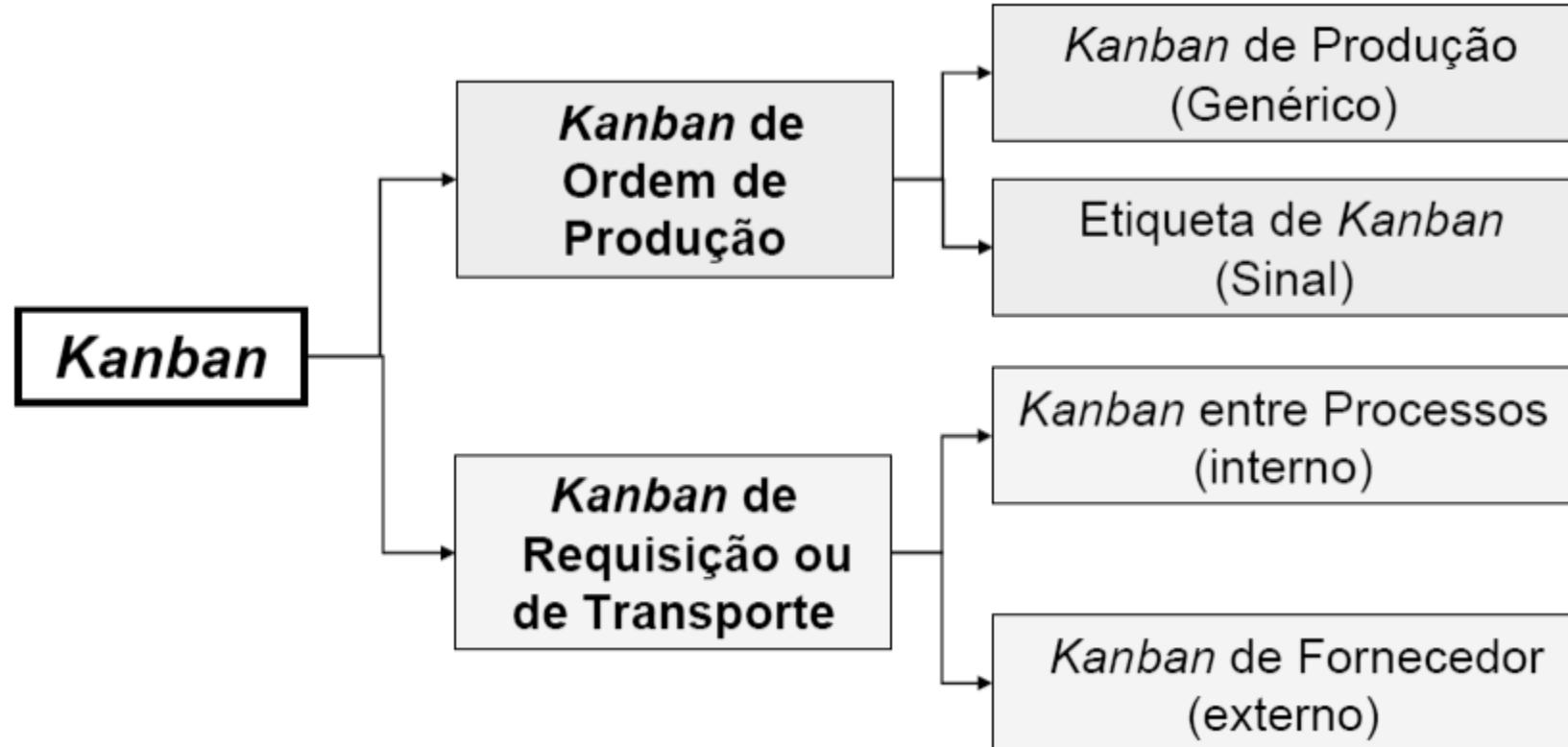


Kanban de Pedido Fixo(RM):

- Quantidade fixa;
- Item fixo;
- Quando for consumido;
- Cliente: processo seguinte;
- Fornecedor: processo anterior.

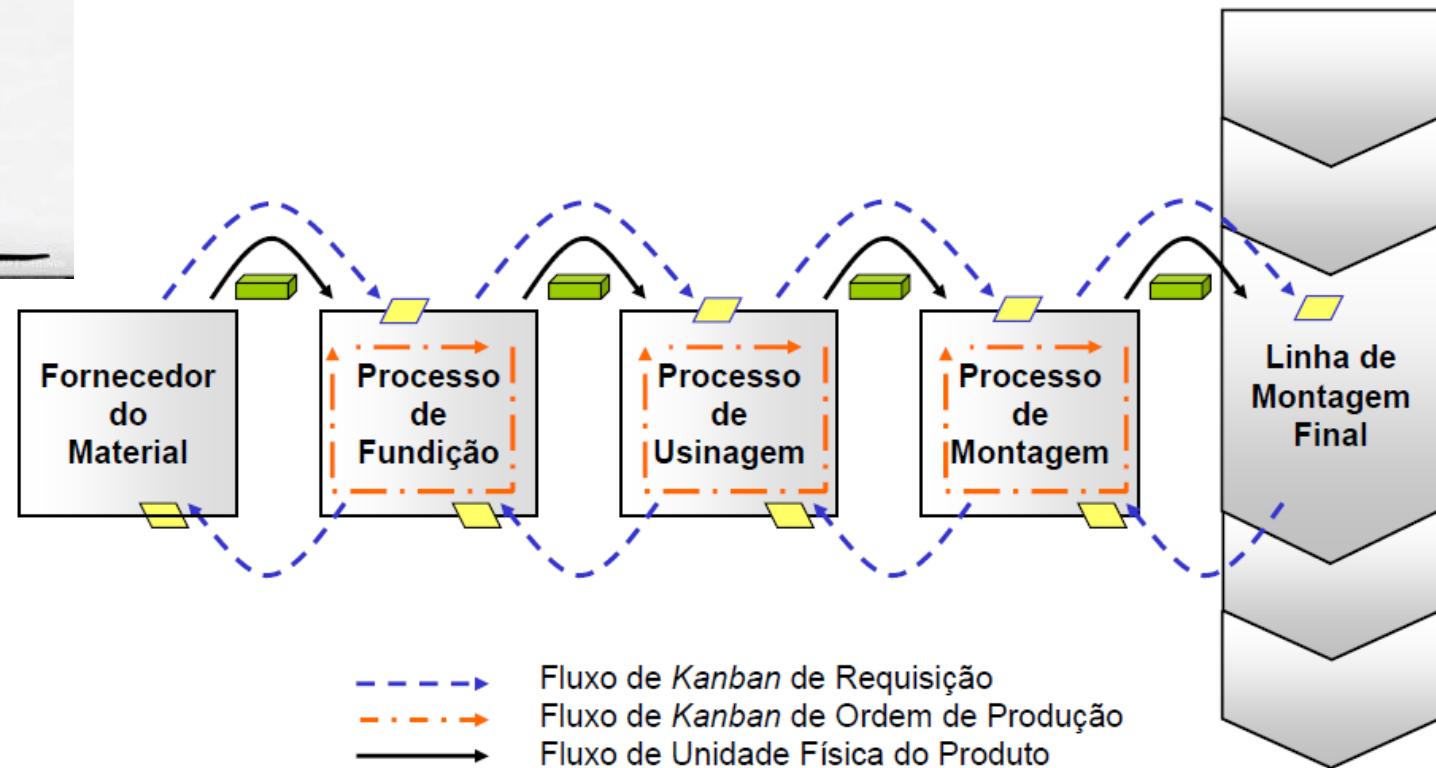
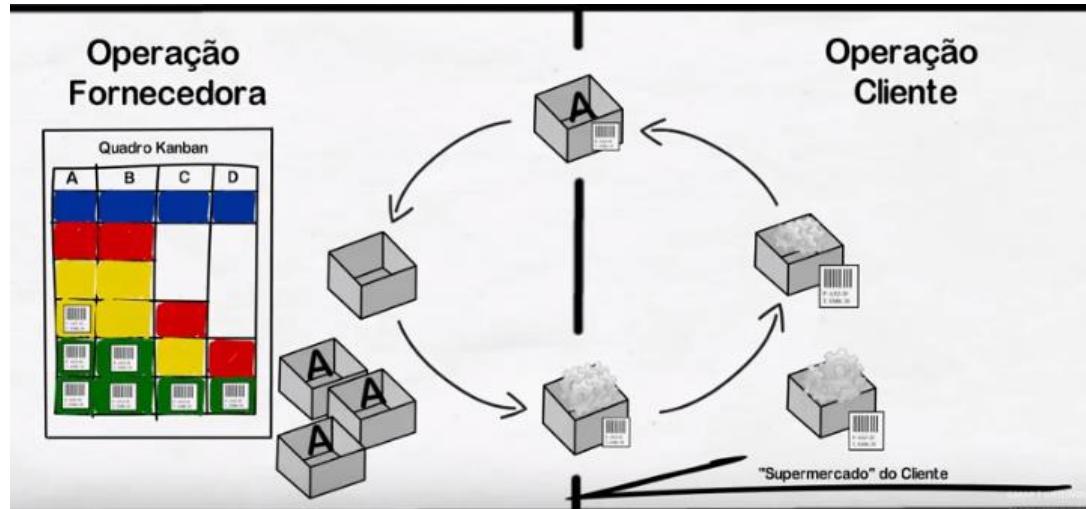


❖ *Tipos de Kanban*





❖ Fluxo de Kanbans





❖ *Regras do Sistema Kanban*

1. O processo posterior (cliente) deve ser atendido pelo processo anterior (fornecedor) assim que solicitado.
2. Qualquer retirada sem um Kanban é proibida.
3. Qualquer retirada maior que a especificada no Kanban é proibida.
4. Produto físico transportado deve estar acompanhado de um Kanban.
5. Processo anterior (fornecedor) deve produzir a quantidade exata para o processo posterior (cliente).
6. Produção superior à requisitada pelo Kanban é proibida.
7. Obedecer a sequência de produção especificada pelo Kanban.
8. Colocar Kanban no quadro fora de ordem é proibido.
9. Produtos defeituosos não devem ser enviados ao processo posterior (cliente).

❖ As ferramentas de Melhoria do Lean



- ❑ Estabilização
 - Os 5 senso
 - Trabalho padronizado
 - Gestão Visual
- ❑ Just in time
 - Fluxo Contínuo
 - Produção Puxada / Kanban
- ❑ **Qualidade na origem (Poka Yoke)**
- ❑ Setup rápido – SMED
- ❑ Manutenção Produtiva Total - TPM



❖ *Poka-Yoke*

Seria altamente recomendável que um Green Belt ou um Black Belt, uma vez tendo conseguido **identificar os “Xs” vitais** de um projeto, consiga **desenvolver dispositivos à prova de erros para todos eles**. Desta forma estaria garantindo a variabilidade controlada do processo.

- ❑ POKA YOKE: termo japonês que significa “**à prova de erros**”;
- ❑ Detecta e **corrigir erros em um processo**, antes que se transformem em defeitos;
- ❑ O Poka-Yoke **ataca a causa raiz** do problema.

O Poka-Yoke evita: peças defeituosas, montagem com peças erradas, falta de peças, desgaste de ferramentas, quebra de máquinas ou ferramentas, etc.

❖ Poka-Yoke



Usar sabedoria e simplicidade para criar dispositivos que permitam que você faça seu trabalho 100% livre de defeitos 100% do tempo.

EXEMPLOS DE METODOLOGIA À PROVA DE ERROS NO DIA A DIA

- EM CASA:

- Porta do forno de microondas;
- Disjuntores;
- Fogões que cortam o gás quando a chama se apaga;
- Tampas a Prova de Crianças em Medicamentos;

- NO VAREJO:

- Embalagem a prova de Falsificação;
- Código de Barras na Venda;

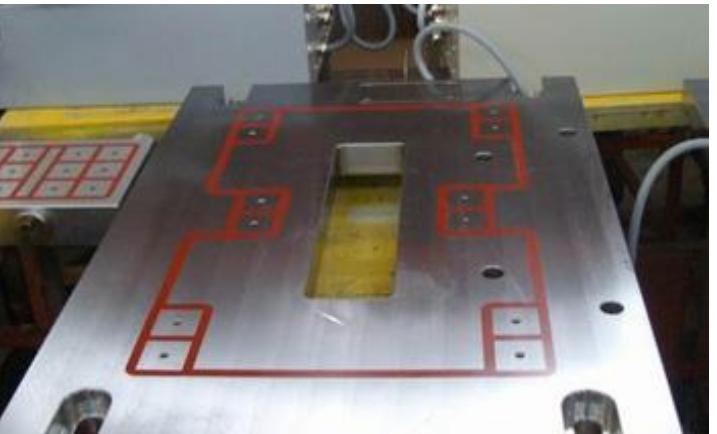
- NO ESCRITÓRIO:

- Verificação ortográfica em Programas de Processamento de Textos;
- Aviso perguntando "Você deseja deletar?" Após acionar a tecla "Delete" em seu computador;

- NA FÁBRICA:

- Máquinas de acionamento manual duplo e Outras Proteções em Máquinas;
- Código de Barras.

❖ Poka-Yoke



Moldes de peças em oficinas de usinagem



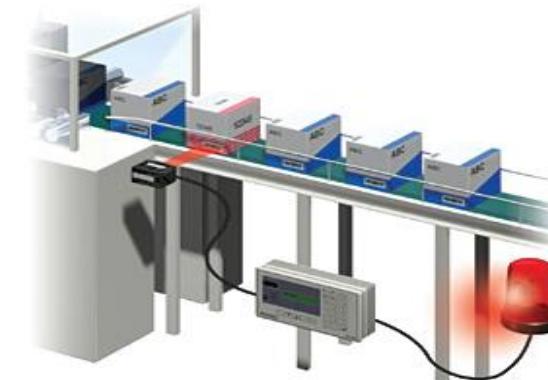
Hospital: encaixe para ar comprimido tem diâmetro diferente do oxigênio



Guias na montagem de peças



Encaixes e cores padrões dos cartuchos de tinta de impressoras



Expedição de produtos: Leitor de Código de barras em linhas de produção



❖ As ferramentas de Melhoria do Lean

- ❑ Estabilização
 - Os 5 senso
 - Trabalho padronizado
 - Gestão Visual
- ❑ Just in time
 - Fluxo Contínuo
 - Produção Puxada / Kanban
- ❑ Qualidade na origem (Poka Yoke)
- ❑ **Setup rápido – SMED**
- ❑ Manutenção Produtiva Total - TPM



❖ *SMED – Single Minute Exchange of Dies*

A troca rápida de ferramentas (SMED) é uma ferramenta do Lean que tem por objetivo **reduzir o tempo de preparação ou setup** de equipamentos, **minimizando períodos não-produtivos** no chão-de-fábrica e, consequentemente, **aumentar a capacidade produtiva** dos equipamentos.

Possibilita a diversificação da produção para melhor atender a demanda, e flexibilidade para a produção de pequenos lotes.

Setup Interno

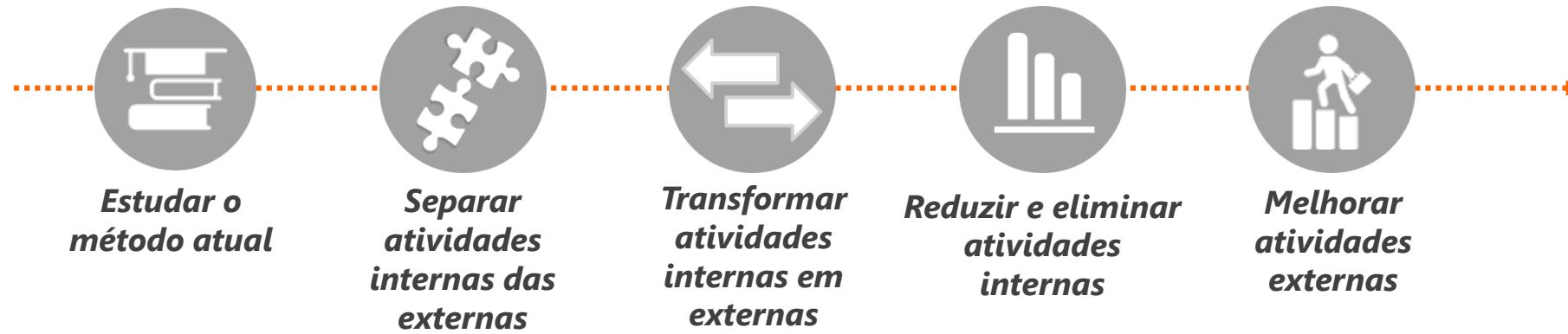
Deve ser executado com o equipamento parado. Exemplo: fixação e remoção de matrizes, limpeza de equipamentos.

Setup Externo

Pode ser executado com o equipamento ligado. Exemplo: transporte de matrizes e procura de ferramentas.



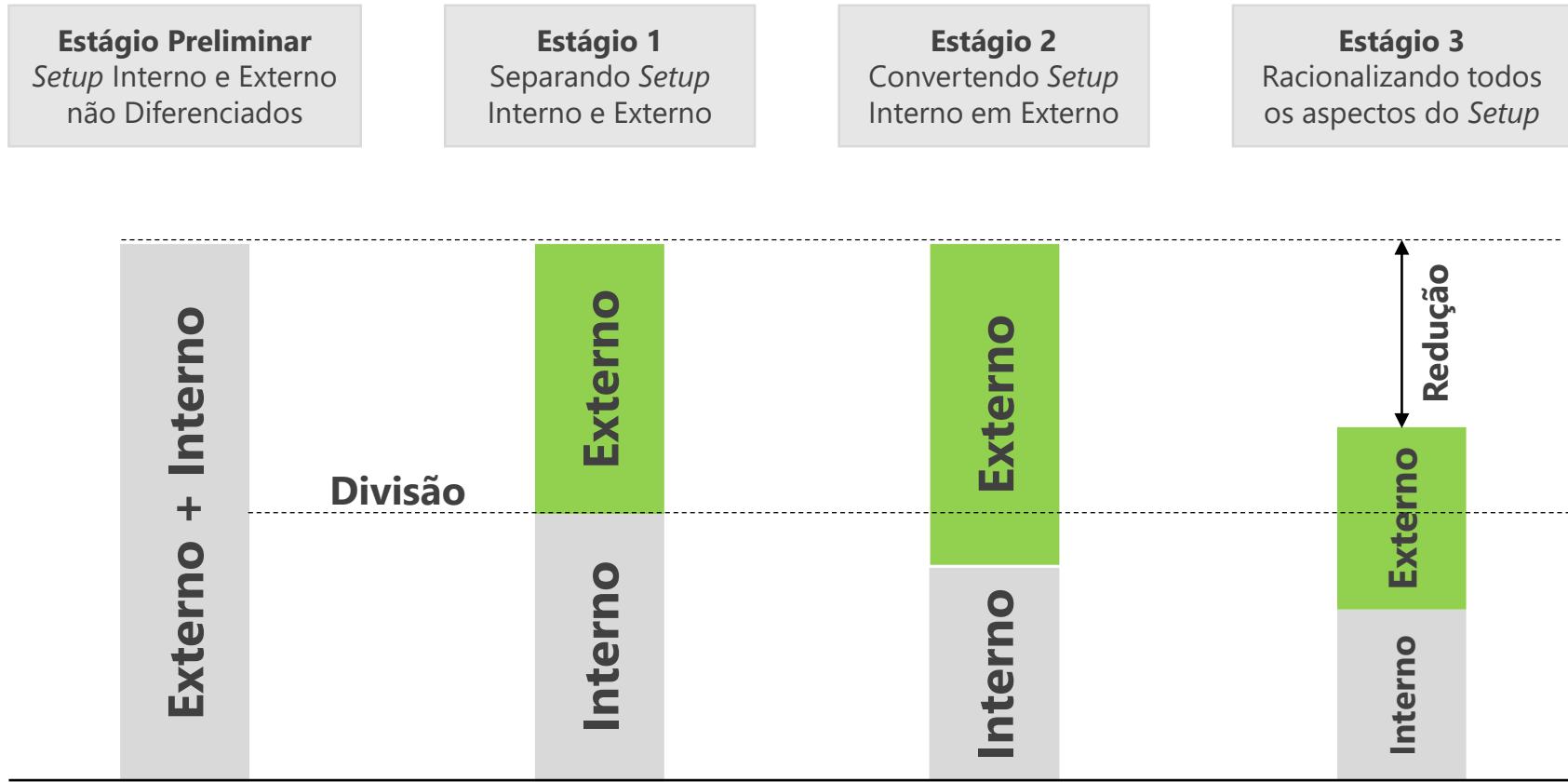
❖ Como fazer o SMED?



A meta é realizar o setup de um equipamento em um tempo com duração de apenas um dígito. ($t < 10$ minutos)



❖ Reduzindo Setup de processos



❖ *Benefícios do SMED para o setor de Manutenção*



- Redução de inventário;
- Redução do tempo de Setup;
- Ampliação da disponibilidade de máquina;
- Diminuição dos ajustes;
- Redução de variação do produto entre manutenções;
- Redução de erros de reinício;
- Ambiente mais saudável;
- Redução dos índices de acidente.



❖ As ferramentas de Melhoria do Lean

- ❑ Estabilização
 - Os 5 senso
 - Trabalho padronizado
 - Gestão Visual
- ❑ Just in time
 - Fluxo Contínuo
 - Produção Puxada / Kanban
- ❑ Qualidade na origem (Poka Yoke)
- ❑ Setup rápido – SMED
- ❑ **Manutenção Produtiva Total - TPM**



❖ *TPM - Total Productive Maintenance*

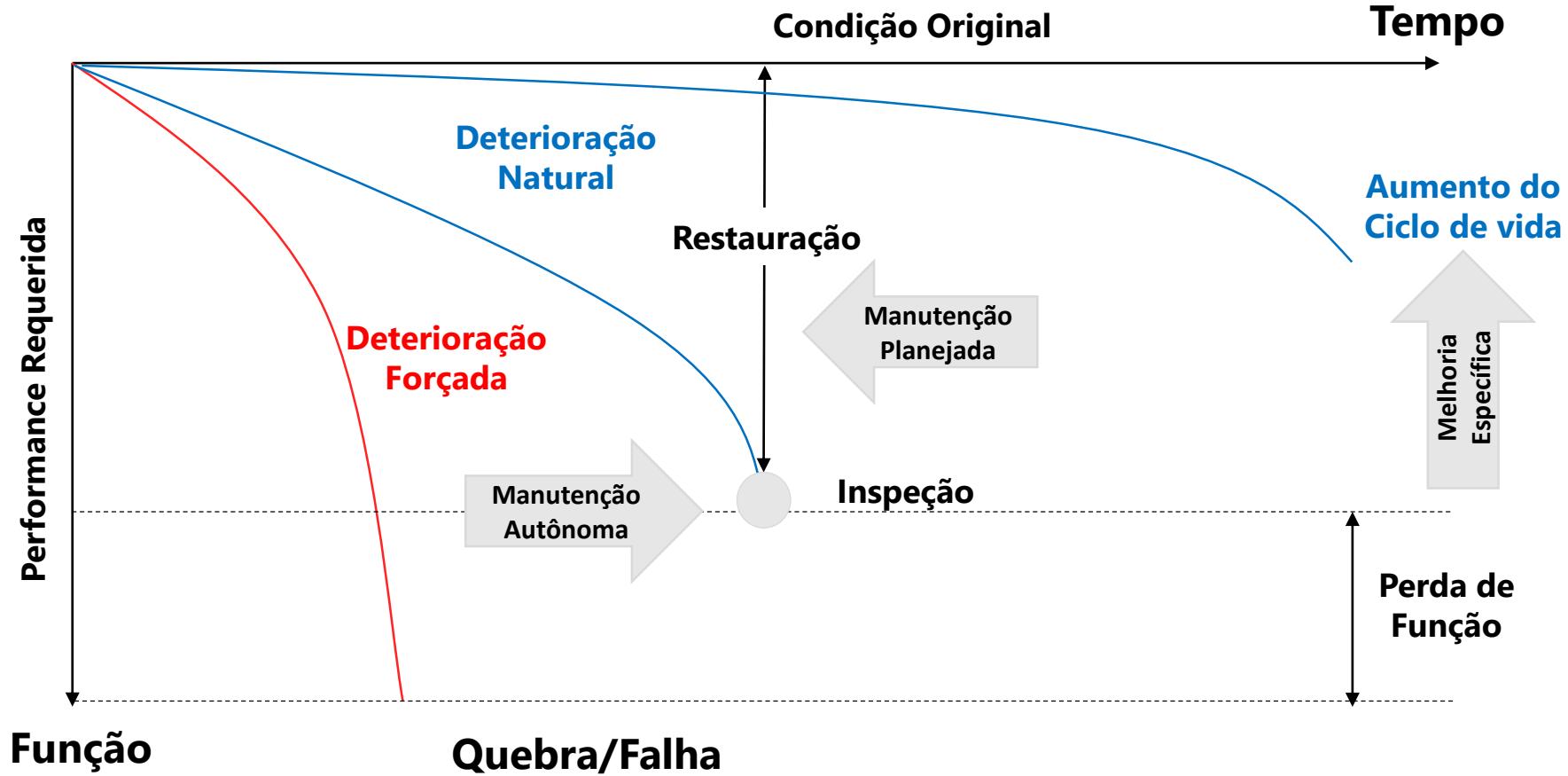
Também chamada de Manutenção Produtiva Total, tem foco na eficiência máxima dos equipamentos e da linha de produção. Busca a capacitação dos funcionários e a criação de um ambiente de trabalho seguro.

Objetivos:

- Eliminar as causas das quebras dos equipamentos e defeitos dos produtos;
- Buscar a máxima eficiência do sistema de produção;
- Maximizar o tempo de vida útil dos equipamentos;
- Aumentar a capacitação e habilidade técnica dos funcionários da manutenção;
- Gerar ambiente de trabalho saudável, limpo, organizado e seguro.



❖ Como Evitar a Quebra/Falha?





Módulo 5

DMAIC: Fase de Melhoria

- Lição 1: Descrição da Fase de Melhoria;*
- Lição 2: Diagrama de Árvore;*
- Lição 3: Matriz de Priorização de Soluções;*
- Lição 4: Plano de Ação - 5W2H;*
- Lição 5: DOE – Planejamento de Experimentos;*
- Lição 6: Atividade do Helicóptero;*
- Lição 7: Ferramentas de Melhoria do Lean;*
- Consolidação do Conhecimento.***

❖ ***Exercícios de Fixação – Módulo 5***



1. A Fase de Melhoria do método DMAIC:

- a) Utiliza prioritariamente ferramentas qualitativas como a Espinha de Peixe e o 5W2H.
- b) Foca na definição das ideias de melhorias e não se preocupa com a medição dos resultados obtidos.
- c) Tem como principal objetivo a elaboração e implementação do plano de ação.

2. Sobre o SMED é incorreto afirmar:

- a) A meta da ferramenta é conseguir reduzir o tempo de setup de um equipamento para um valor de apenas um dígito, ou seja, abaixo de 10 minutos.
- b) Classifica o tempo de setup como interno e externo.
- c) Busca converter o máximo possível de tempo de setup externo em setup interno.

❖ ***Exercícios de Fixação – Módulo 5***



3. O método DMAIC:

- a) É composto por cinco fases, sendo a terceira chamada de fase de Melhoria.
- b) Assim como o PDCA, também possui fases que representam as etapas de planejamento, execução e controle.
- c) É um ciclo de melhoria contínua utilizado no Lean Seis Sigma para desenvolver projetos de novos produtos.

4. Sobre as regras do Kanban, qual opção incorreta?

- a) Um processo é sempre acionado por seu processo subsequente.
- b) O Kanban permite que sejam feitas retiradas em pequenas quantidades mesmo sem o cartão Kanban.
- c) Qualquer retirada maior que a especificada no cartão Kanban é proibida.

❖ *Exercícios de Fixação – Módulo 5*



Gabarito:

- 1) C
- 2) C
- 3) B
- 4) B



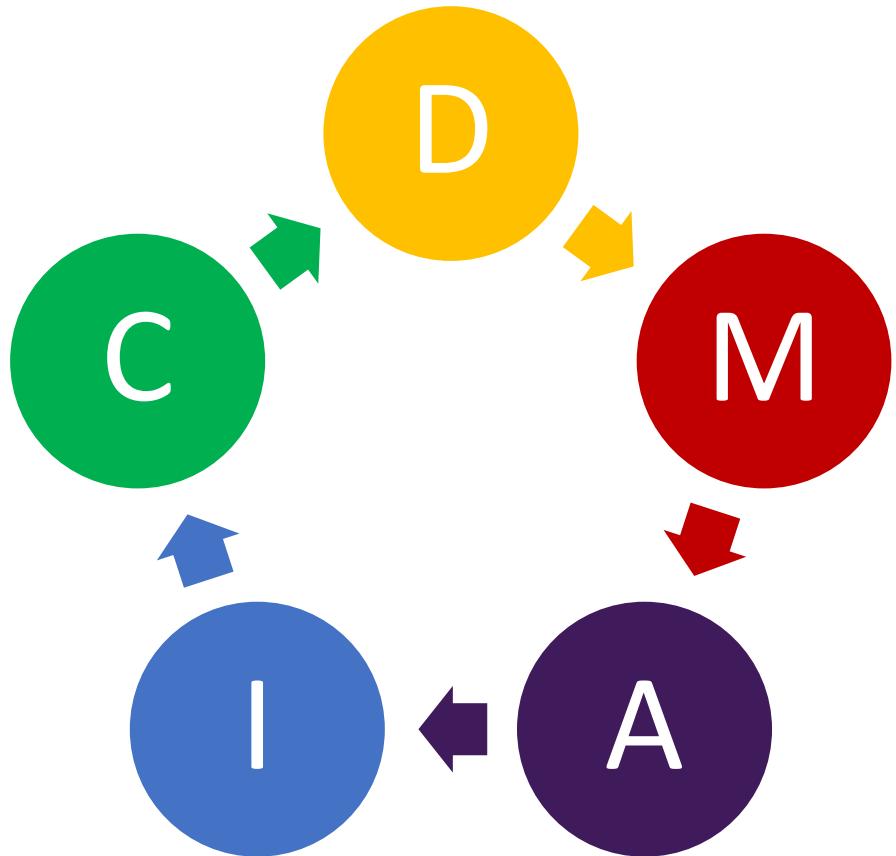
Módulo 6

DMAIC: Fase de Controle

- Lição 1: Revisando as etapas do projeto:
Análise e Melhoria;***
- Lição 2: Descrição da Etapa Controle;***
- Lição 3: A importância da Etapa Controle;***
- Lição 4: OCAP e Diário de Bordo;***
- Lição 5: Encerramento do Projeto;***
- Consolidando o Conhecimento.***



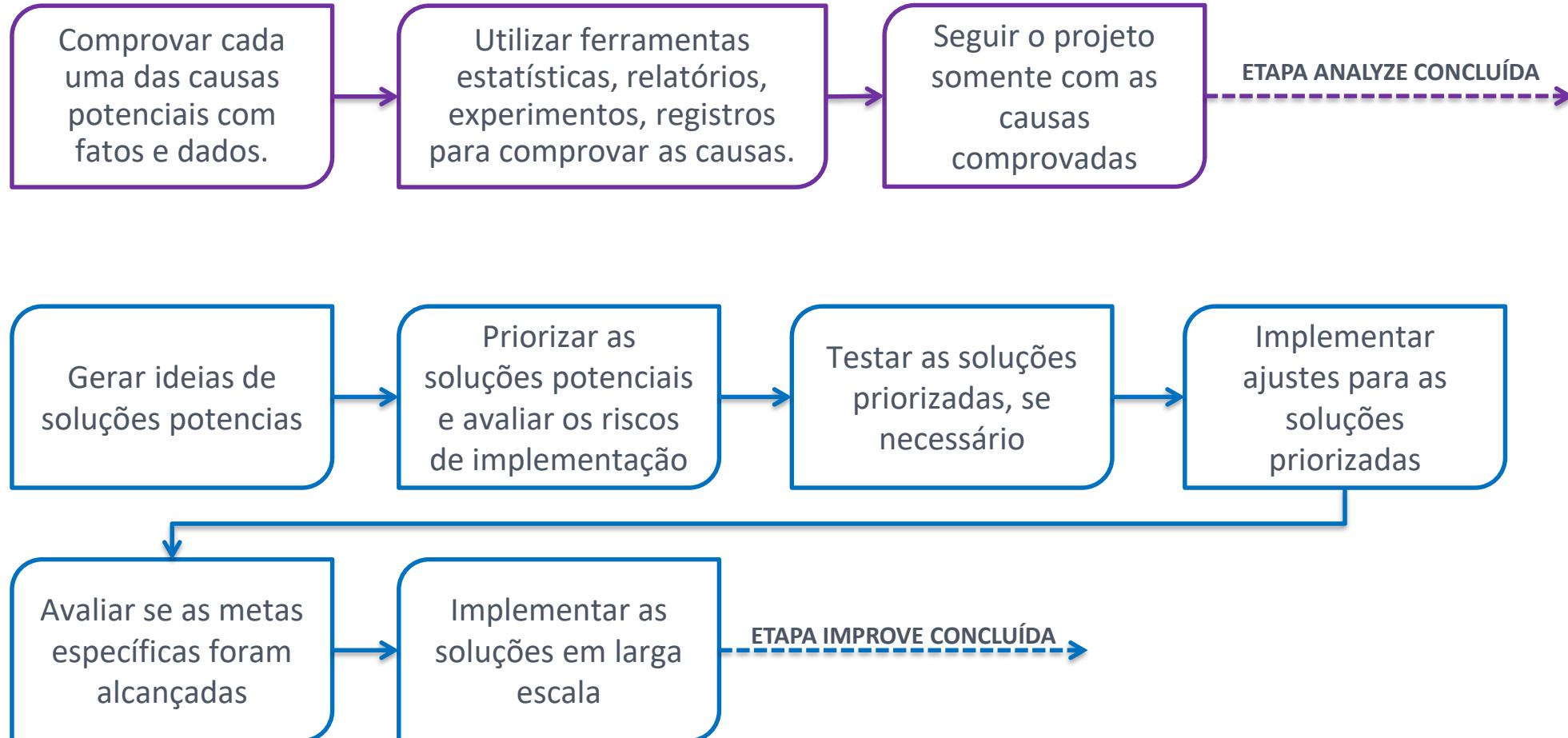
❖ *Revisando as etapas do projeto*



- **DEFINE – Etapa de Definição**
 - Definir com precisão o escopo do projeto.
- **MEASURE – Etapa de Medição**
 - Determinar o foco do problema, analisar o processo e definir as causas potenciais.
- **ANALYZE – Etapa de Análise**
 - Comprovar as causas com fatos e dados.
- **IMPROVE – Etapa de Melhoria**
 - Propor, avaliar e implementar soluções.
- **CONTROL – Etapa de Controle**
 - Garantir que o alcance da meta seja mantido no longo prazo.



❖ Revisando as etapas do projeto





Módulo 6

DMAIC: Fase de Controle

- Lição 1: Revisando as etapas do projeto: Análise e Melhoria;*
- Lição 2: Descrição da Etapa Controle;***
- Lição 3: A importância da Etapa Controle;*
- Lição 4: OCAP e Diário de Bordo;*
- Lição 5: Encerramento do Projeto;*
- Consolidando o Conhecimento.*



❖ *Fase de Controle*

Objetivo:

Monitorar os resultados alcançados após a implementação das melhorias, estabelecer controles que garantam a sustentabilidade dos resultados, definir o "dono do processo" e como será monitorado o processo no dia a dia.

Perguntas de orientação:

- A meta e os resultados financeiros foram alcançados?
- Quais controles foram estabelecidos para garantir a sustentabilidade das melhorias feitas?
- Quem será o "dono do processo" e como ele fará o acompanhamento do processo?
- Será necessário criar ou atualizar padrões e procedimentos? Quem são os envolvidos que serão treinados?



❖ *Fase de Controle*

Tempo estimado para documentar a etapa: 2 a 4 semanas.

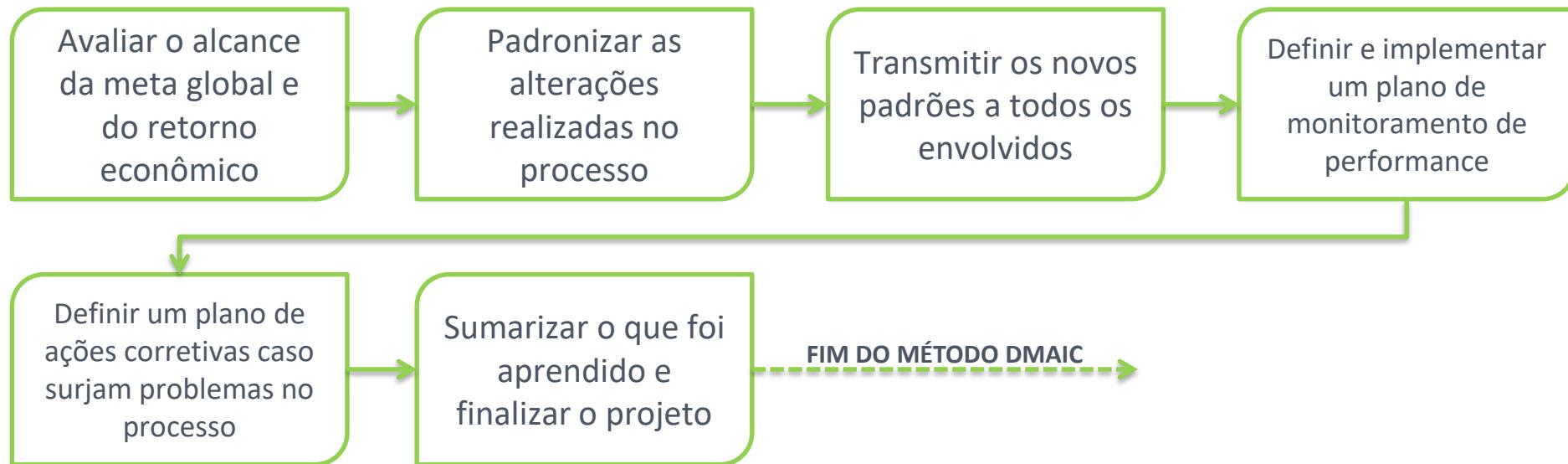
Tempo sugerido de acompanhamento dos resultados: 4 meses.

Ferramentas:

- Gráficos para acompanhamento do resultado e para comparar cenário antes x depois
 - Gráfico de Séries Temporais
 - Cartas de Controle
 - Capacidade de Processo
- OCAP
- Práticas para garantir a sustentabilidade: Auditorias, Reports, Gestão Visual.



❖ Fase de Controle





Módulo 6

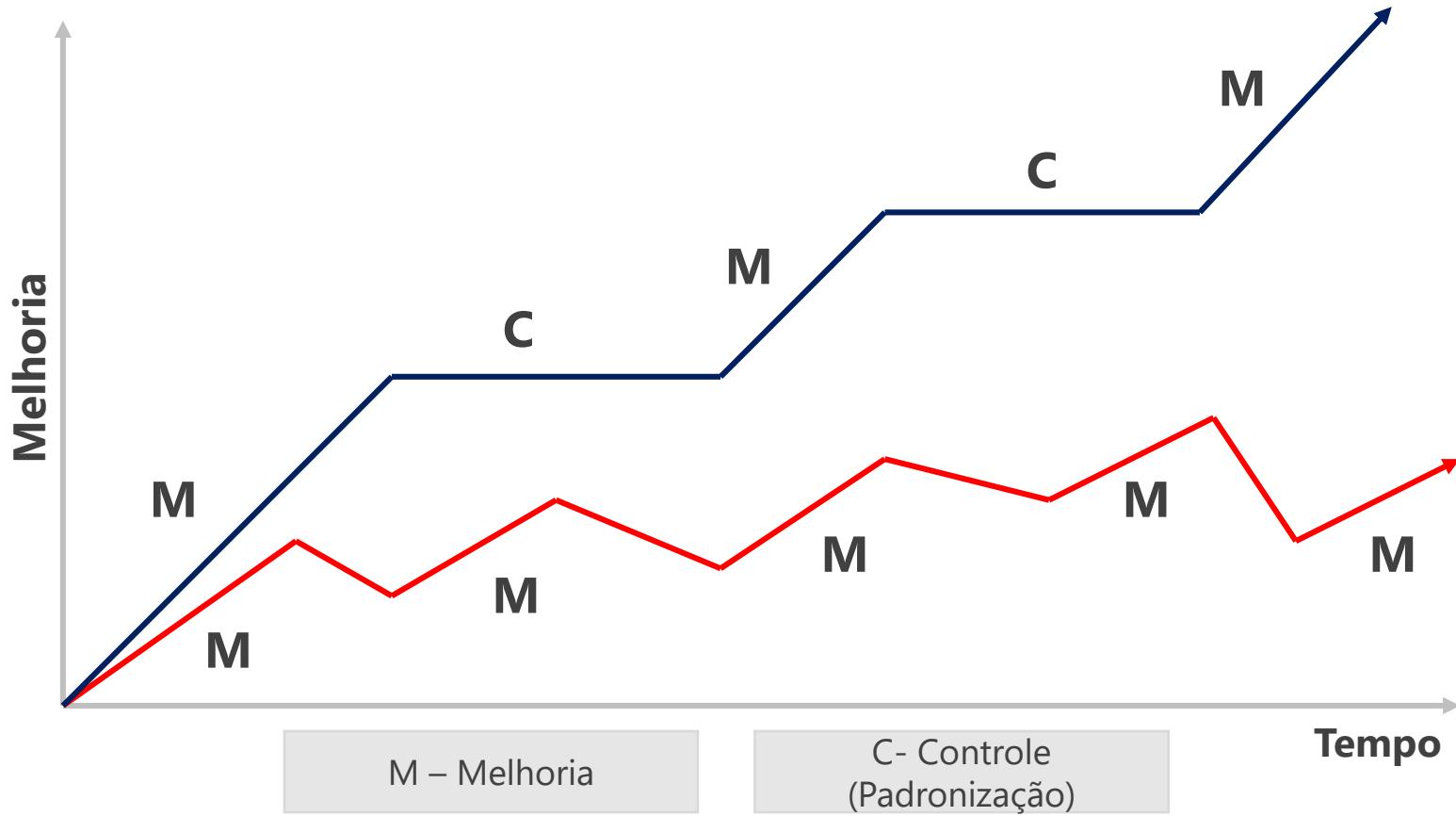
DMAIC: Fase de Controle

- Lição 1: Revisando as etapas do projeto: Análise e Melhoria;*
- Lição 2: Descrição da Etapa Controle;*
- Lição 3: A importância da Etapa Controle;***
- Lição 4: OCAP e Diário de Bordo;*
- Lição 5: Encerramento do Projeto;*
- Consolidando o Conhecimento.*



❖ A importância da etapa Controle

- ❑ O controle ajuda a manter as melhorias conquistadas, e estabelece um novo patamar para as melhores práticas.





❖ *A importância da etapa Controle*

O acompanhamento e controle do processo pode ser feito de várias formas:

1. Auditorias;
2. Acompanhar os indicadores com ferramentas estatísticas;
3. Criar dispositivos à prova de erro e acompanhar seu desempenho;
4. Acompanhamento através de Gráficos de Controle;
5. Formalizar um processo junto à Gestão da Rotina;
6. Observação periódica dos processos.



❖ A importância da etapa Controle

Acompanhamento dos resultados do projeto:

- ❑ **Gestão Participativa:** encontros mensais das áreas para divulgação dos resultados dos projetos, alinhamento das estratégias, reforço das campanhas internas vigentes e monitoramento do clima organizacional de suas equipes de trabalho.
- ❑ **One Page Report:** documento enviado aos líderes com o resultado dos projetos, acompanhado de uma análise sobre os principais fatores que contribuíram para o resultado.
- ❑ **Gestão à Vista:** quadros para monitoramento de resultados provenientes dos projetos.



❖ Exemplo: Gestão à Vista

Contribui para o compartilhamento dos resultados, identificação de problemas e gargalos e tomada de decisão, entre outras informações.

1. Identificar quais informações devem ser divulgadas e como devem ser exibidas.



2. Criar sistema de coleta de informação para manter o painel de gestão à vista atualizado.



3. Todos os envolvidos devem se comprometer com as causas e utilizar a gestão à vista em prol do trabalho da empresa como um todo.





Módulo 6

DMAIC: Fase de Controle

- Lição 1: Revisando as etapas do projeto: Análise e Melhoria;*
- Lição 2: Descrição da Etapa Controle;*
- Lição 3: A importância da Etapa Controle;*
- Lição 4: OCAP e Diário de Bordo;***
- Lição 5: Encerramento do Projeto;*
- Consolidando o Conhecimento.*



❖ OCAP (*Out of Control Action Plan*)

O OCAP é uma ferramenta que, quando **usada em conjunto com as Cartas de Controle**, pode facilitar a identificação das anomalias crônicas que devem ser atacadas para a melhoria do processo. **Possui três partes:**

- Ativadores:** Definem as condições que indicam quando o OCAP deve ser seguido;
- Pontos de verificação:** Condições do processo que devem ser investigadas para a descoberta da causa especial de variação.
- Finalizadores:** Contêm as ações que devem ser adotadas para a remoção do sintoma e para a eliminação da causa especial de variação.



❖ OCAP (*Out of Control Action Plan*)

O que deve ser feito se o processo sair fora de controle?

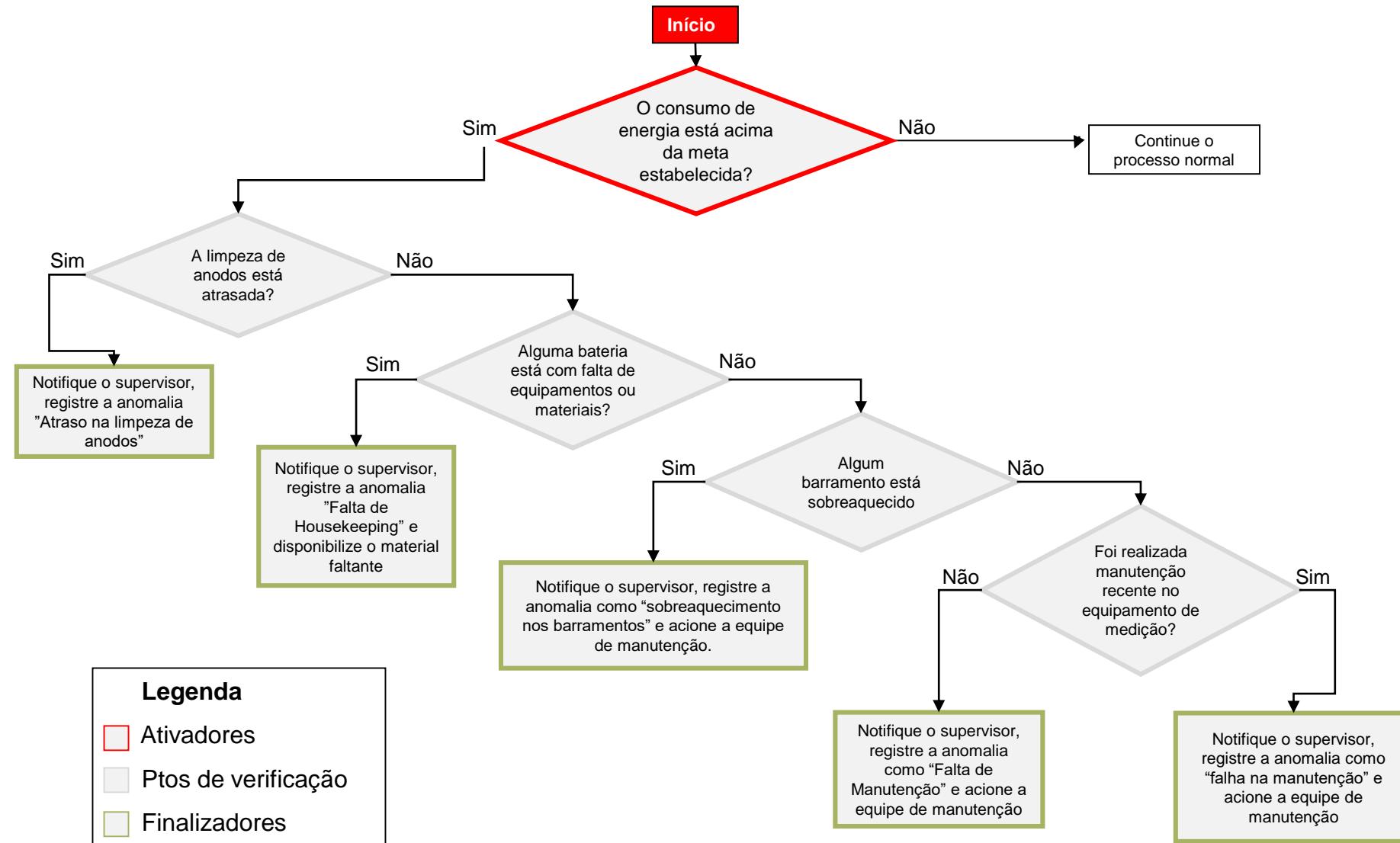
- Deve-se entender onde houve alguma alteração no processo (variável) seguindo-se a sequência indicada no OCAP.
- Identificar qual foi a causa indicada no OCAP e a AÇÃO que deverá ser tomada para a solução do problema, conforme descrito no documento. Posteriormente informar estes dados no **Diário de Bordo**.

E se meu processo não tiver um OCAP?

- Informe o FATO, a CAUSA e a AÇÃO tomada no próprio Diário de Bordo ou no acompanhamento feito pelas Cartas de Controle.



❖ OCAP (Out of Control Action Plan)



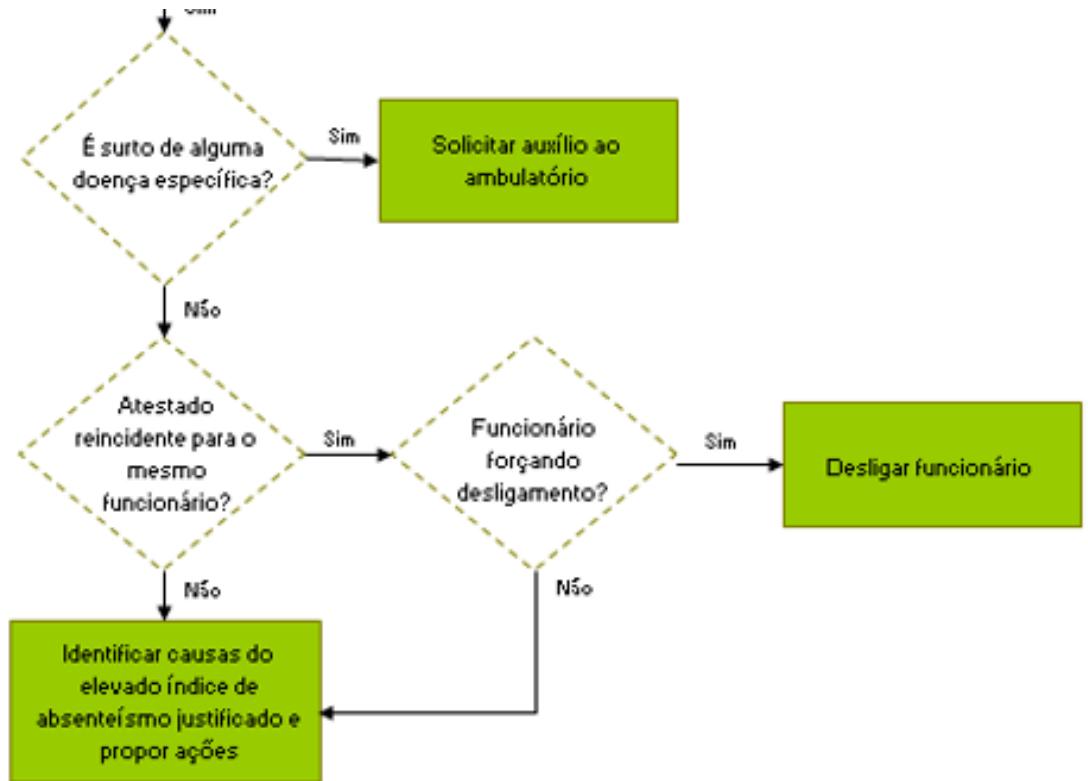
❖ Exemplo - OCAP



Exemplo de OCAP para uma empresa de serviços que fez um projeto Lean Seis Sigma para reduzir o absenteísmo. O OCAP monitora se o absenteísmo estiver acima do valor objetivado de 2,5%.



❖ Exemplo - OCAP



LEGENDA:

- ◊ ATIVADOR
- ◊ PONTOS DE VERIFICAÇÃO
- FINALIZADOR



❖ *Diário de Bordo*

Quando o gráfico de acompanhamento sinalizar que o processo está fora de controle, deve-se identificar o **motivo que levou à ocorrência da causa especial e a ação corretiva a ser tomada**. A ferramenta indicada é o Diário de Bordo, portanto:

- Registrar em formulário a descrição do problema e da ação corretiva tomada;
- Devem ser registradas todas as **alterações feitas no processo**, mesmo que, a princípio, essas alterações não modifiquem o processo.
- As informações contidas no diário de bordo possuem o **objetivo de melhorar o processo**.

❖ *Diário de Bordo*



Data	Hora	Descrição do Problema	Ação Corretiva	Responsável
27/08	9:35	Elevada viscosidade da pasta de solda	Substituir solda	Leonel
05/09	10:54	Danos na abertura do Stencil	Manutenção	Gabriel

❖ Tarefa Prática - Diário de Bordo



A partir do OCAP criado para o absenteísmo, simule que duas ocorrências foram observadas na empresa e preencha o Diário de Bordo abaixo.

Data	Hora	Descrição do Problema	Ação Corretiva	Responsável

❖ Tarefa Prática - Diário de Bordo



A partir do OCAP criado para o absenteísmo, simule que duas ocorrências foram observadas na empresa e preencha o Diário de Bordo abaixo.

Data	Hora	Descrição do Problema	Ação Corretiva	Responsável
03/04/16	10:00	Recebimento de atestado reincidente do funcionário André	Desligar funcionário	Gerente
15/04/16	17:00	Faltas não justificadas reincidente da funcionária Carolina	Intensificar coaching por parte da coordenação	Coordenador



Módulo 6

DMAIC: Fase de Controle

- Lição 1: Revisando as etapas do projeto: Análise e Melhoria;*
- Lição 2: Descrição da Etapa Controle;*
- Lição 3: A importância da Etapa Controle;*
- Lição 4: OCAP e Diário de Bordo;*
- Lição 5: Encerramento do Projeto;***
- Consolidando o Conhecimento.*



❖ ***Encerramento do Projeto***

No encerramento do projeto é necessário:

- Examinar com os membros da equipe e Champions se os objetivos descritos no Contrato de Projeto foram alcançados;
- Auditar as entregas e resultados;
- Registrar de forma adequada o projeto para uma eficiente gestão do conhecimento (MAPA DE RACIOCÍNIO);
- Verificar as lições aprendidas;
- Identificar possíveis boas práticas para execução de outros projetos dentro da organização;
- Informar a todas as partes de organização as melhorias e resultados do projeto.



Módulo 6

DMAIC: Fase de Controle

- Lição 1: Revisando as etapas do projeto: Análise e Melhoria;*
- Lição 2: Descrição da Etapa Controle;*
- Lição 3: A importância da Etapa Controle;*
- Lição 4: OCAP e Diário de Bordo;*
- Lição 5: Encerramento do Projeto;*
- Consolidando o Conhecimento.***

❖ ***Exercícios de Fixação – Módulo 6***



1. Podemos afirmar sobre a Fase de Controle:
 - a) Tem como objetivo medir os ganhos do projeto e formalizar o seu encerramento através de um documento chamado Project Charter.
 - b) Utiliza-se apenas de ferramentas qualitativas como Ishikawa, Poka Yoke e Diagrama de Árvore para garantir a sustentabilidade das melhorias alcançadas.
 - c) Além de medir os ganhos do projeto, também é a fase do DMAIC em que deve se estabelecer um monitoramento sustentável do processo e definir um responsável para fazê-lo no dia a dia.

❖ ***Exercícios de Fixação – Módulo 6***



2. Quando devemos utilizar o OCAP?

- a) Na Fase de Controle, juntamente com as Cartas de Controle, para definir ações corretivas quando o processo perder estabilidade.
- b) Na Fase de Controle, sempre que for observado que a meta do projeto foi alcançada.
- c) Sempre que o processo se apresentar estável ou quando o processo for capaz.

3. Sobre o Procedimento Operacional Padrão, é importante:

- a) Elaborar um documento com textos elaborados, em uma linguagem mais formal.
- b) Utilizar imagens ou gráficos para facilitar a compreensão das instruções.
- c) Evitar ser muito objetivo, sendo melhor ter textos elaborados e bastante descritivos.

❖ *Exercícios de Fixação – Módulo 6*

Gabarito:

- 1) C
- 2) A
- 3) B



Módulo 7

- Estudo de Caso 1: Projeto Redução do custo de juros e multas com pagamentos atrasados de fornecedores;***

- Estudo de Caso 2: Projeto Redução no abandono de ligações no serviço de televendas;***

- Estudo de Caso 3: Projeto Redução do Tempo de Motos em Estoque;***

❖ *Projeto Redução de Custos*



D.1 – Qual é o problema?

A empresa **Tech Tudo**, uma manufatura de impressoras, vem enfrentando elevados custos com pagamentos atrasados à fornecedores. O processo atual de pagamento de Notas Fiscais possui erros e atrasos que inviabilizam o pagamento das NFs no prazo. Reclamações são cada vez mais frequentes por parte dos fornecedores e a empresa está com a imagem desgastada no mercado.

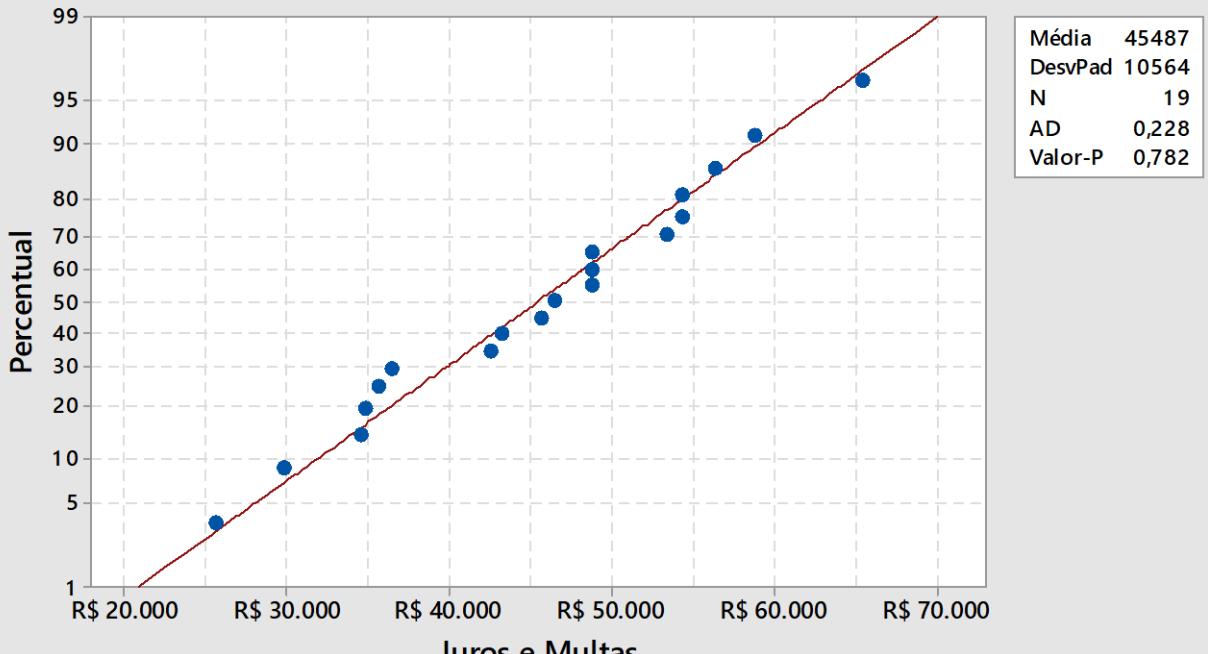
O custo anual com o pagamento de juros e multas está próximo a R\$ 500.000,00.

❖ Projeto Redução de Custos



Teste de Normalidade para valores de juros e multas

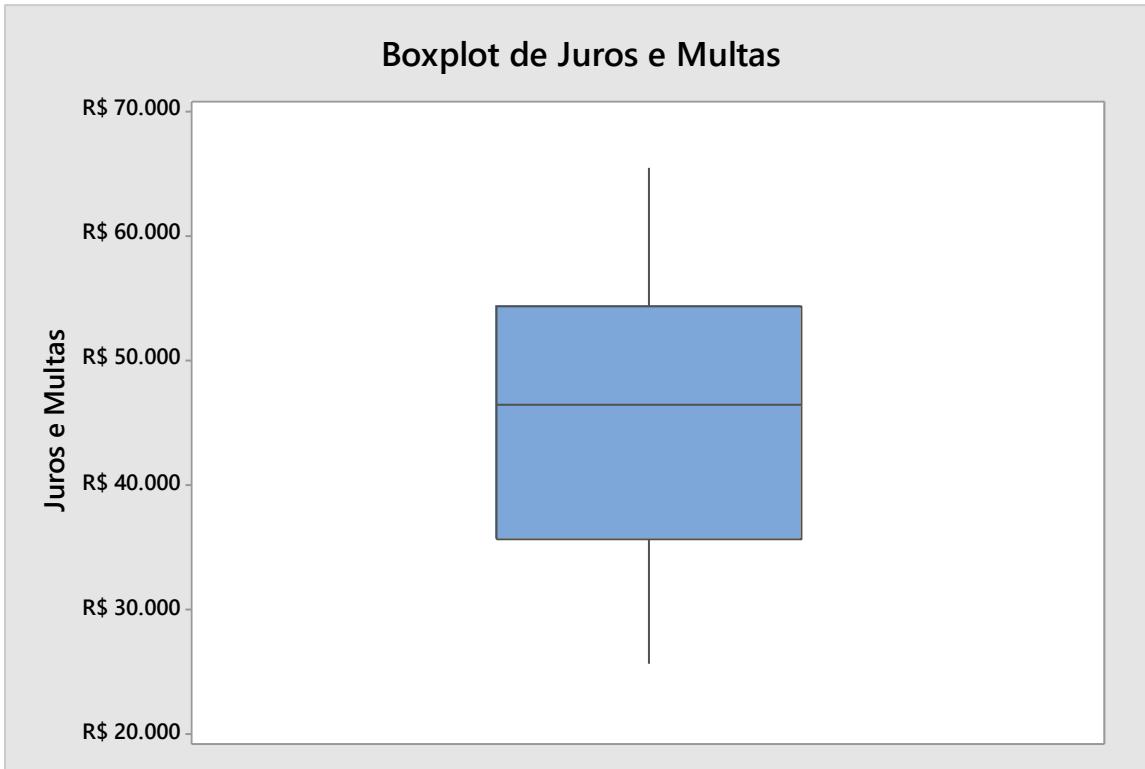
Normal



Estatísticas Descritivas: Juros e Multas

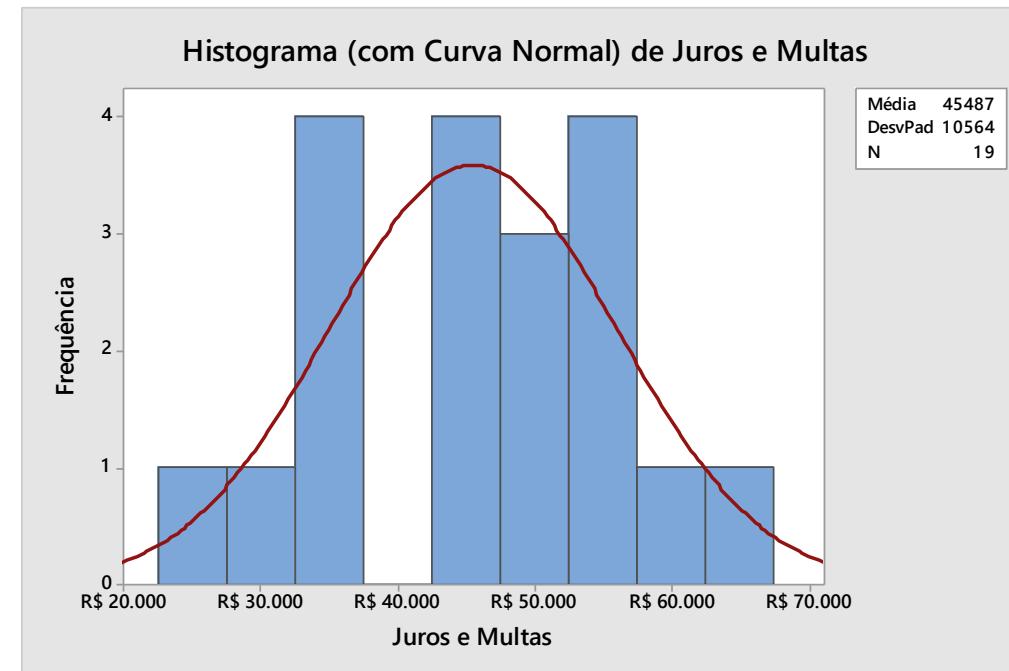
Variável	Média	DesvPad	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	Amplitude	Modo	N de Modo
Juros e Multas	45487	10564	25643	35643	46512	54367	65438	39795	*	0

❖ Projeto Redução de Custos



O Boxplot não apresenta *outliers*. É possível avaliar as propriedades de locação, variabilidade e forma através dos dois gráficos.

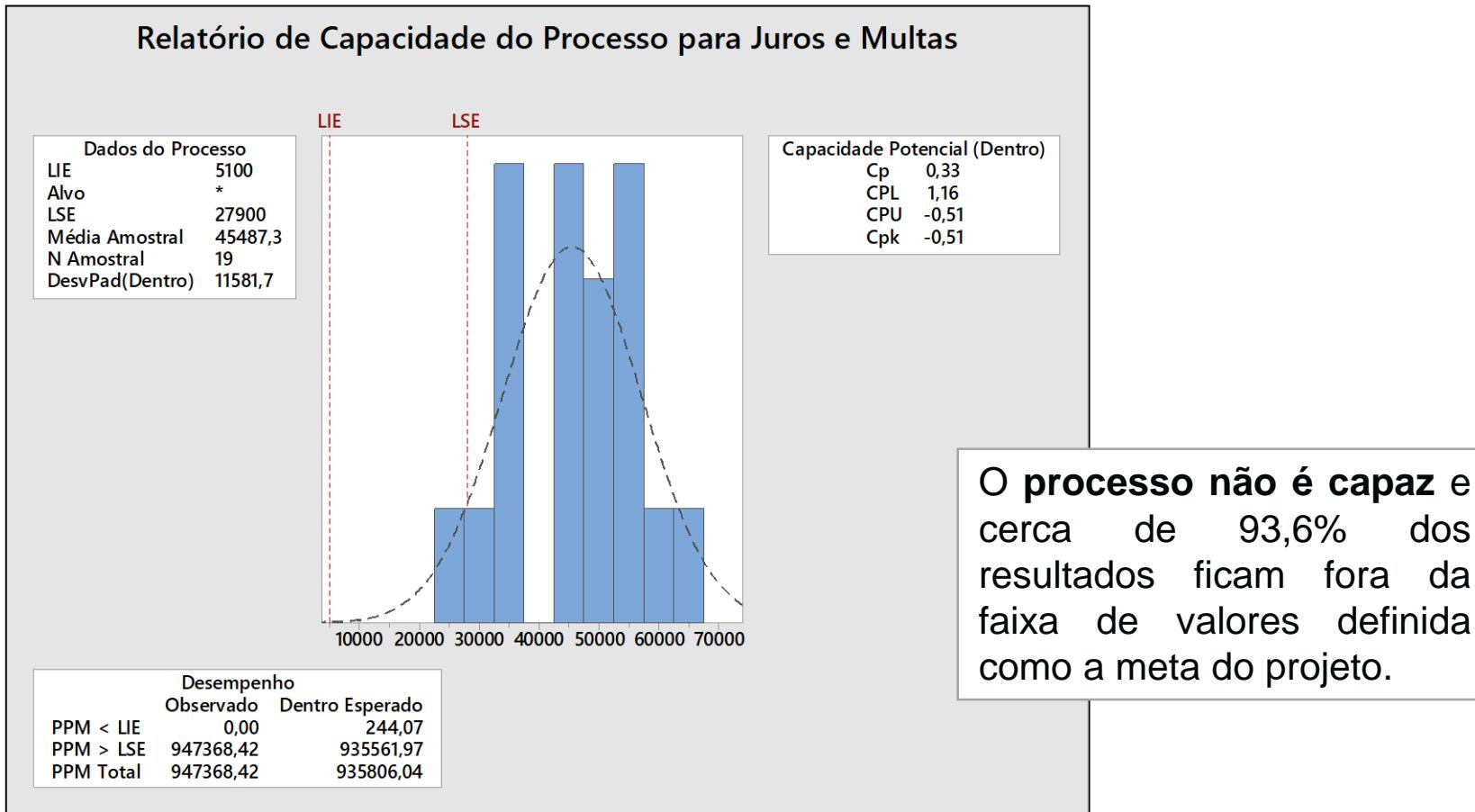
O primeiro quartil é igual a R\$35.643,00 e o valor mínimo alcançado foi de R\$ 25.643,00.



❖ Projeto Redução de Custos



Meta: Reduzir o patamar médio dos custos de juros e multas em 63,7% (de R\$ 45.487,00 para R\$16.500,00), considerando um desvio padrão de R\$ 3.800,00, em um período de 6 meses. (Baseline: janeiro/2013 – julho/2014).



❖ *Projeto Redução de Custos*

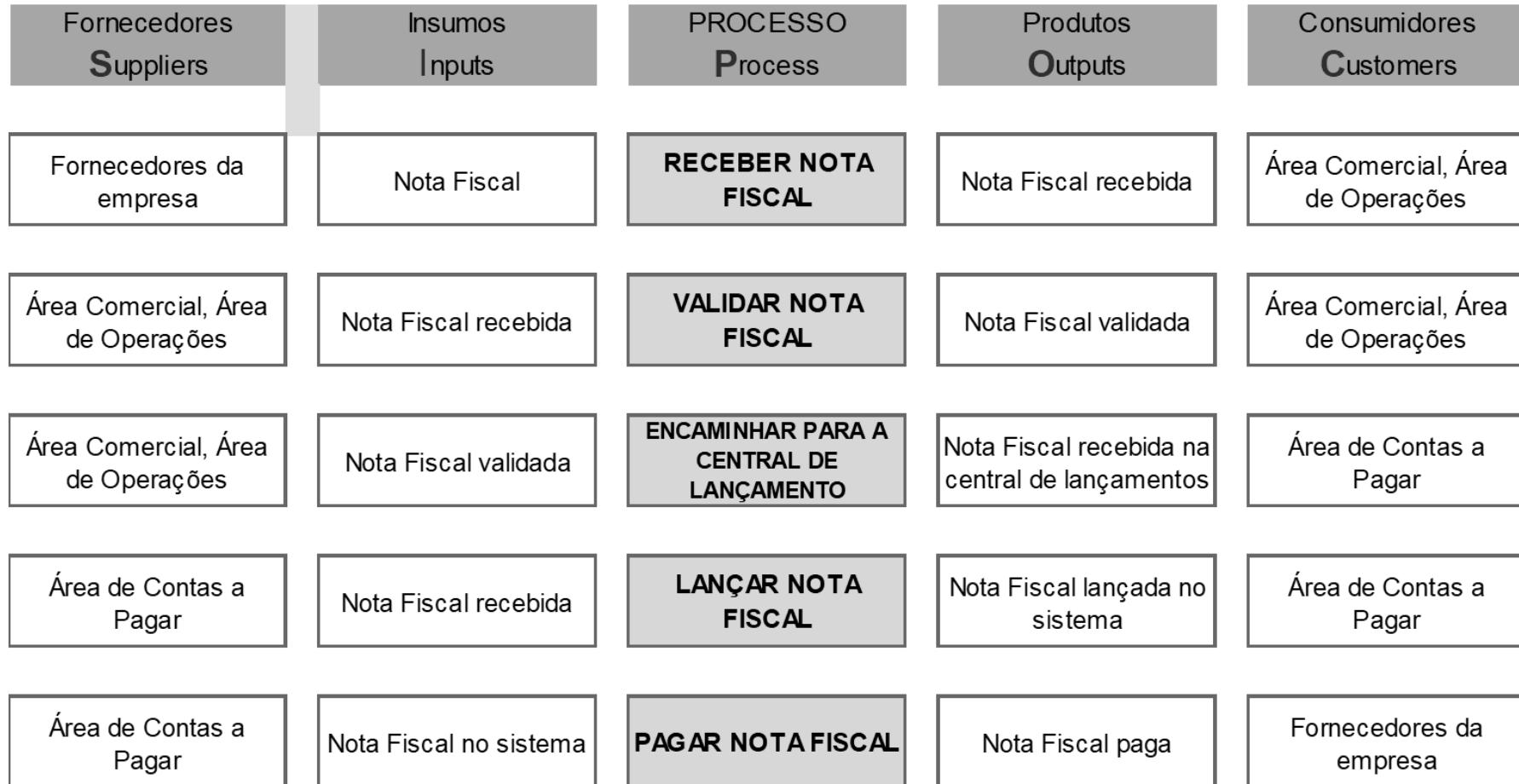


D.3 – Qual é o processo gerador do problema e qual é o escopo do projeto?

O principal processo envolvido compreende desde o recebimento da Nota Fiscal até o pagamento da mesma, envolvendo as áreas comercial, de operações e contas a pagar. O processo não possui alta complexidade, mas possui pontos de melhoria em suas etapas.

O projeto contempla as Notas Fiscais de todos os fornecedores que passam pelo processo de pagamento de NF na área de Contas a Pagar. Novos fornecedores cadastrados durante o projeto serão contemplados no plano de ação. A líder do projeto será uma Green Belt da área de Contas a Pagar, mas a equipe será composta por colaboradores da área de TI.

❖ Projeto Redução de Custos



❖ Projeto Redução de Custos



PROJECT CHARTER

Título do Projeto

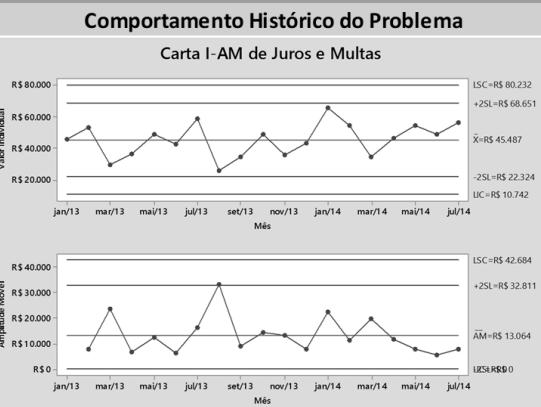
Redução dos custos com juros e multas de pagamentos atrasados à fornecedores.

Green Belt	Champion	Data
Marcela Silveira	Henrique Ferreira	15/08/2014

Descrição do Problema

OA empresa vem enfrentando elevados custos com pagamentos atrasados à fornecedores. O processo atual de pagamento possui erros e atrasos que inviabilizam o pagamento das Notas Fiscais em dia. Reclamações são cada vez mais frequentes por parte dos fornecedores. A empresa está com o imagem desgastada no mercado e perdeu poder de negociação em novos contratos. O gasto anual com estes pagamentos está próximo de R\$ 500.000,00.

Indicador do projeto	Periodicidade	Valor Atual
Somatório dos juros e multas (R\$)	Mensal	R\$ 56.436,00 (iul/14)



adidas Descritivas

Média Desvio Mín Máx
R\$ 45.487,00 R\$ 10.564,00 R\$ 25.643,00 R\$ 65.438,00

Comentários

No período avaliado os dados são considerados Normais e estáveis, mas com uma média e variabilidade alta. Isto significa que, apesar de estar sob controle estatístico, o indicador se encontra em um patamar muito além do idealizado. Verificou-se uma média de R\$ 45.487,00, com desvio padrão de R\$ 10.564,00.

Meta

Reduzir o patamar médio dos custos de juros e multas em 76,25% (de R\$ 45.487,00 para R\$10.800,00), considerando um desvio padrão de R\$ 2.500,00, em um período de 6 meses. (Baseline: janeiro/2013 – julho/2014).

❖ Projeto Redução de Custos



Ganhos (Anual)				
	R\$ 416.244,00 (no ano)			
O ganho potencial do projeto está relacionado com um custo de não qualidade. Portanto, deixaremos de gastar o valor citado acima.		1 - Aumento da credibilidade no mercado 2 - Maior poder de negociação no fechamento de contratos 3 - Melhor comunicação entre a área operações e financeira		
Suposições				
1 - O projeto contempla todos os fornecedores da empresa. 2 - Pode existir a necessidade de desenvolver soluções na área de TI e o projeto terá prioridade na fila. 3 - O resultado pode ser impactado se houver uma grande variação na necessidade de aquisição de produtos ou serviços dos fornecedores. 4 - Novos fornecedores devem ser contemplados no projeto.				
Restrições				
1 - O projeto deve durar no máximo 6 meses. 2 - Não poderá haver proposta de contratação de pessoas.				
Equipe	Função no Projeto	Responsabilidade no Projeto		
Henrique Ferreira	Champion Facilitador	Remover barreiras		
Marcela Silveira	Líder Green Belt	Liderar a equipe e conduzir as análises		
Rafael Lima	Yellow Belt	Participar do levantamento de causas e soluções		
Igor Pereira	Yellow Belt	Participar do levantamento de causas e soluções		
Beatriz Silva	Colaboradora	Ajudar no preenchimento da documentação e nas análises das etapas Define e Measure		
Cronograma				
Define	Measure	Analyze	Improve	Control
01/08/14 a 15/08/14	16/08/14 a 31/08/14	01/09/14 a 15/10/14	16/10/14 a 15/12/14	16/12/14 a 31/01/15
APROVAÇÕES				
Joaquim Scheidegger - Diretor (Sponsor)				
Henrique Ferreira (Champion)				
Marcela Silveira - Green Belt				
Rafael Lima - Yellow Belt	Igor Pereira - Yellow Belt	Beatriz Silva (área de Contas a Pagar)		

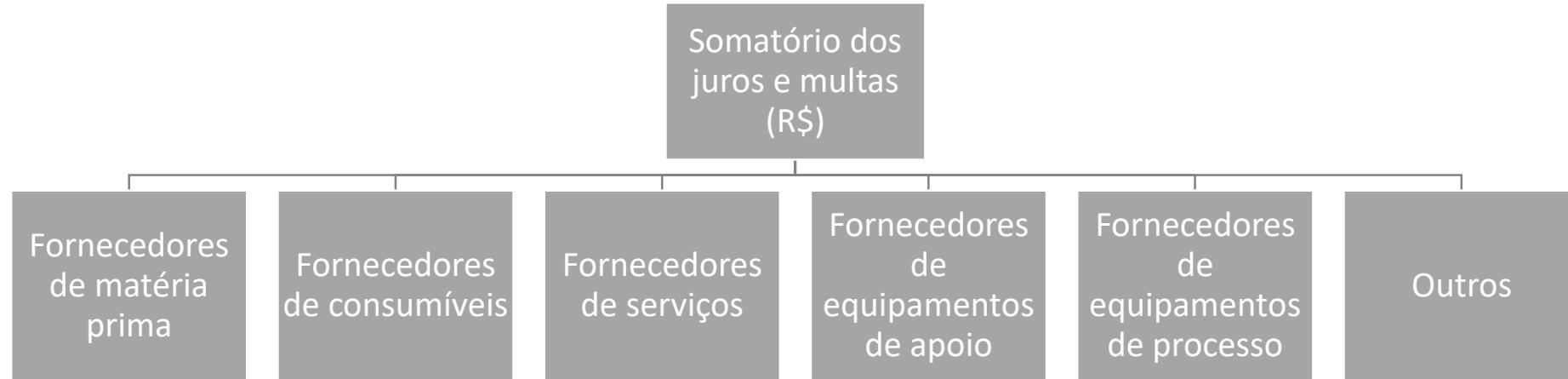
❖ *Projeto Redução de Custos*



M.1 – Análise estatística da variável resposta (y) com medidas estatísticas descritivas e gráficos básicos.

Os dados coletados foram retirados do ERP da empresa e duplamente conferidos por um responsável. A base de dados é considerada confiável para a análise estatística dos juros e multas (R\$) e dos dados estratificados por tipo de fornecedor.

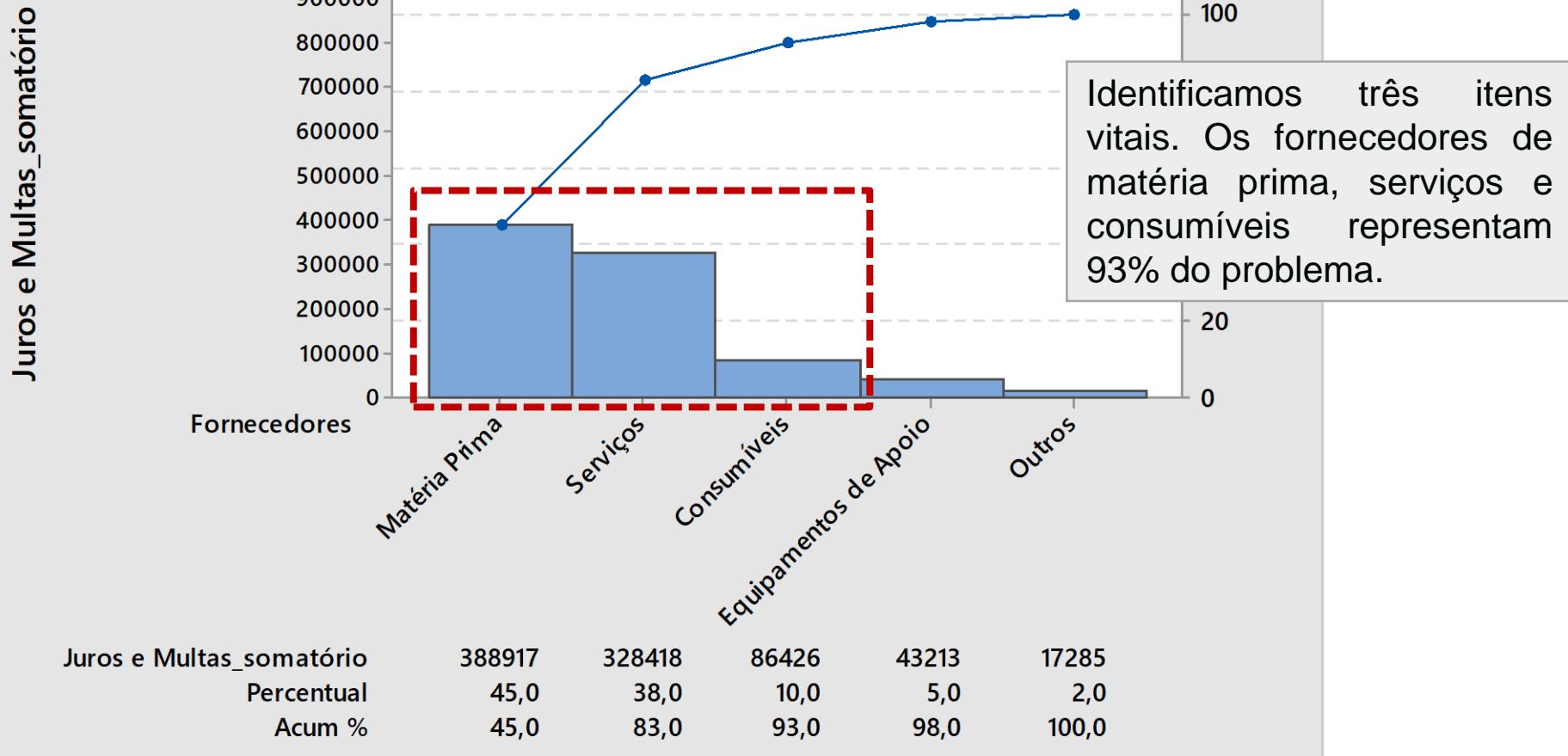
❖ Projeto Redução de Custos



❖ Projeto Redução de Custos



Pareto dos juros e multas por tipo de fornecedor



❖ *Projeto Redução de Custos*

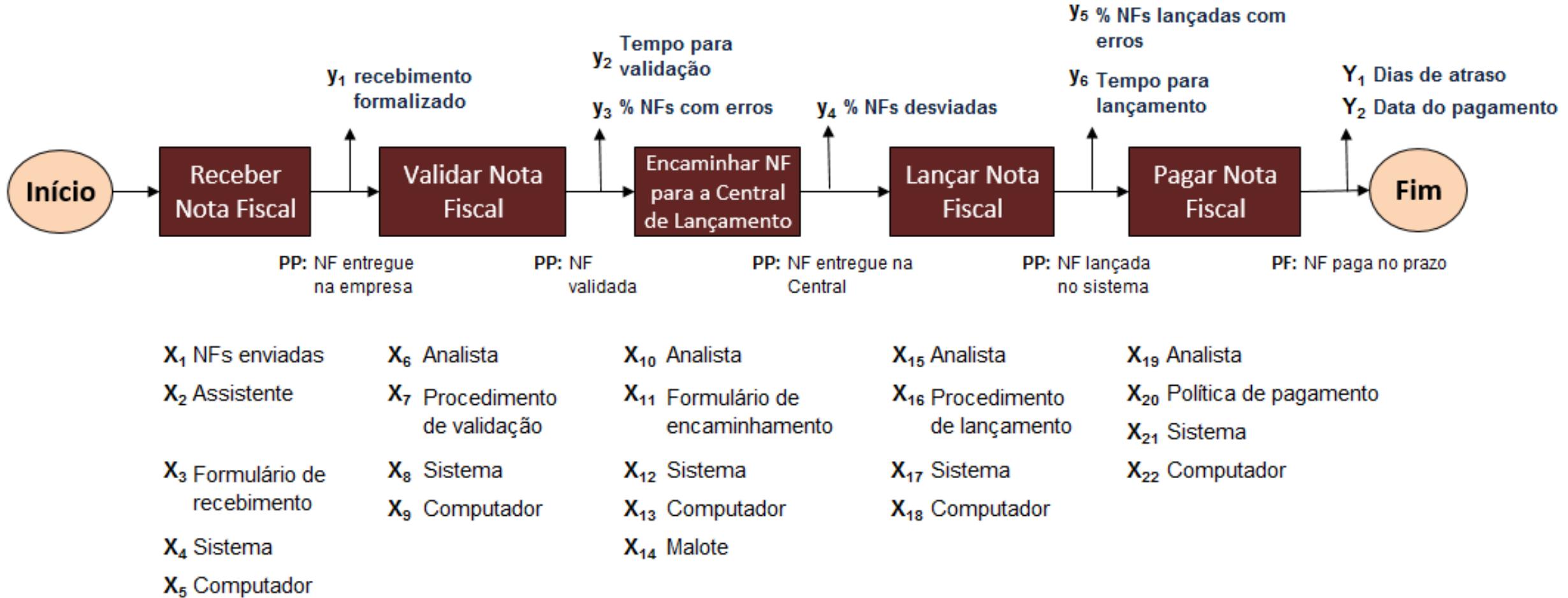


M.3 – Identificar as causas/variáveis de entrada potenciais (X's) através do Mapa de Processo e Espinha de Peixe.

O processo gerador do problema envolve a área de Contas a Pagar da empresa e os seus fornecedores. Contempla desde a etapa de recebimento da Nota Fiscal até o pagamento da mesma e possui algumas variáveis críticas como, por exemplo, a capacitação dos analistas envolvidos e a qualidade dos procedimentos que são seguidos.

A partir de uma sessão de brainstorming com a equipe do projeto e os colaboradores da área de Contas a Pagar, foram levantadas causas potenciais e organizadas através de um Diagrama de Causa e Efeito.

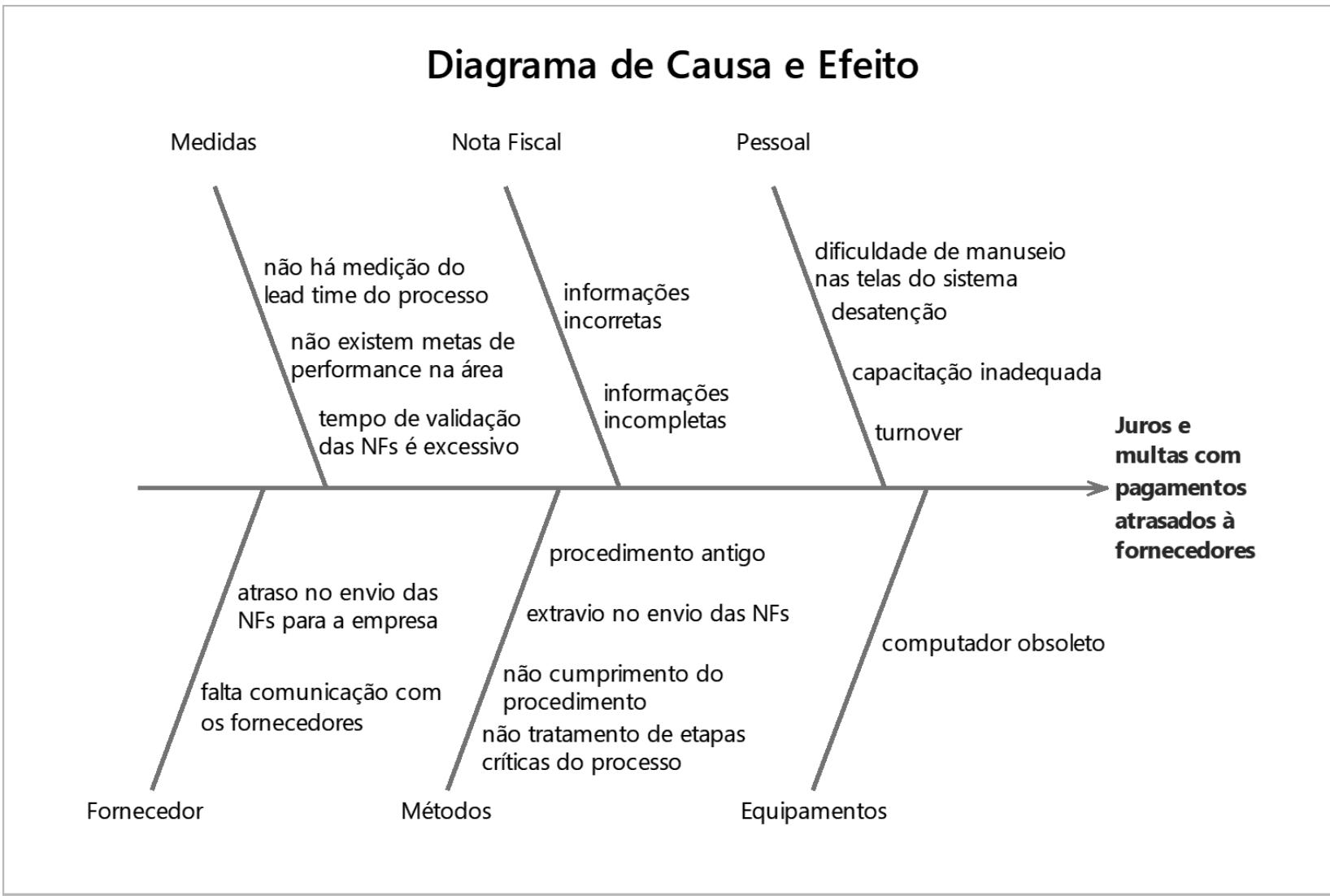
❖ Projeto Redução de Custos



❖ Projeto Redução de Custos



Diagrama de Causa e Efeito



❖ *Projeto Redução de Custos*



M.4 – Priorização das causas potenciais (variáveis de entrada).

Utilizando os critérios de priorização de gravidade, ocorrência e poder de atuação da equipe, foi possível selecionar as causas que possuem maior representatividade. As causas selecionadas possuem 70,6% de representatividade.

❖ Projeto Redução de Custos



	Outputs			TOTAL	Percentual (%)
	Gravidade	Ocorrência	Poder de atuação da equipe do projeto		
	10	8	9		
não há medição do lead time do processo	3	5	3	97	6,2%
não existem metas de performance na área	3	5	3	97	6,2%
tempo de validação das NFs é excessivo	3	3	3	81	5,2%
falta comunicação com os fornecedores	3	3	3	81	5,2%
atraso no envio das NFs para a Central de Lançamento	5	3	3	101	6,5%
informações incorretas	5	3	5	119	7,6%
informações incompletas	5	3	5	119	7,6%
não tratamento de etapas críticas do processo	3	5	3	97	6,2%
não cumprimento do procedimento	5	3	5	119	7,6%
extravio no envio das NFs	5	1	3	85	5,5%
procedimento antigo	5	5	5	135	8,7%
dificuldade de manuseio nas telas do sistema	3	1	5	83	5,3%
desatenção	3	1	3	65	4,2%
capacitação inadequada	3	3	5	99	6,4%
turnover	3	3	1	63	4,0%
computador obsoleto	3	5	5	115	7,4%

5 Correlação FORTE

1 Correlação FRACA

3 Correlação INTERMEDIÁRIA

0 Correlação AUSENTE

❖ *Projeto Redução de Custos*



A.1 – Comprovamos as causas raiz por análise de risco ou análise estatística?

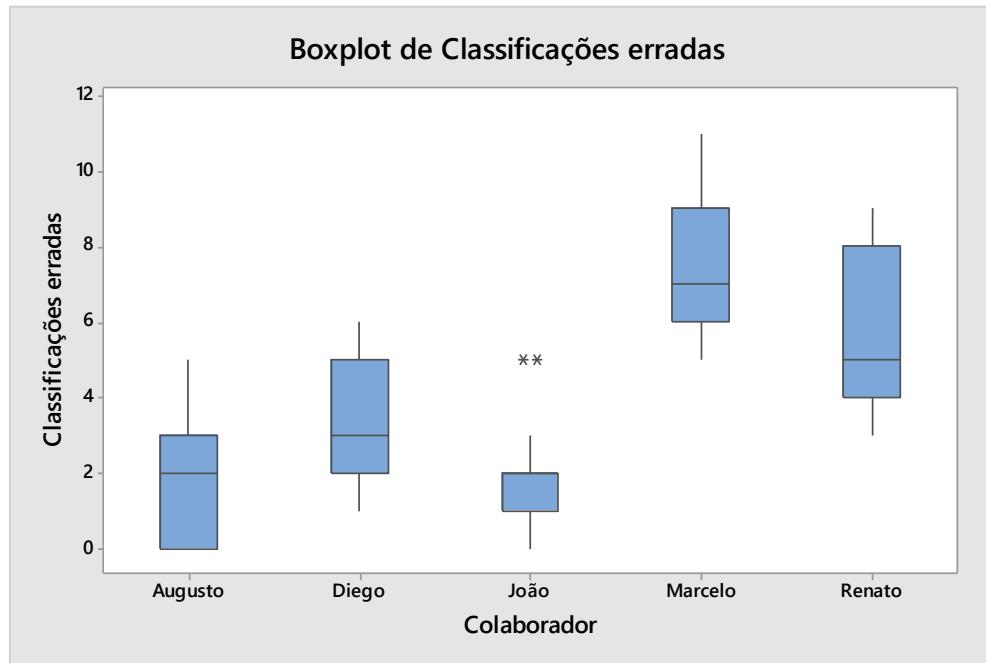
A comprovação de cada causa priorizada foi realizada através de análise de risco ou através da análise estatística. As ferramentas quantitativas utilizadas foram: Histograma, Boxplot, Análise de Regressão, Teste de Hipóteses e ANOVA. Todas as causas priorizadas foram devidamente comprovadas.

❖ Projeto Redução de Custos



1. CAPACITAÇÃO INADEQUADA DO COLABORADOR

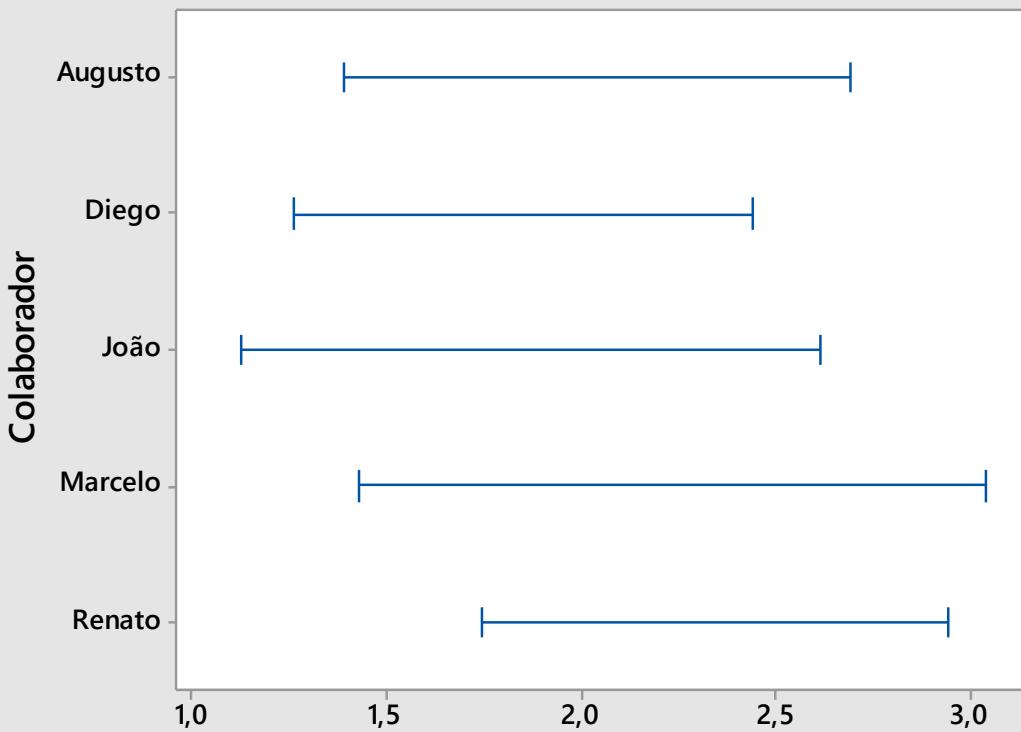
Cinco colaboradores da área de Contas a Pagar que receberam carga horária de treinamento diferentes foram submetidos a um teste. Cada colaborador avaliou uma amostra de 20 Notas Fiscais e classificou cada uma como perfeita ou defeituosa. Algumas Notas Fiscais tinham informações faltantes ou incorretas e deveriam ser classificadas como defeituosas. Esse teste foi repetido 15 vezes, totalizando 300 Notas Fiscais avaliadas por cada colaborador.



❖ Projeto Redução de Custos



Teste para Igualdade de Variâncias: Classificações erradas versus Colaborador
Intervalos de comparação múltipla para o desvio padrão, $\alpha = 0,05$



Comparações Múltiplas
Valor-p 0,764
Teste de Levene
Valor-p 0,647

Verificamos inicialmente a igualdade das variâncias, comprovando que os resultados para cada colaborador possui uma variabilidade semelhante.

Se os intervalos não se sobrepuarem, os desvios padrão correspondentes serão significativamente diferentes.

❖ Projeto Redução de Custos



ANOVA para 1 fator: Classificações erradas versus Colaborador

Método

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

Assumiu-se igualdade de variâncias para a análise

Informações dos Fatores

Fator	Níveis	Valores
Colaborador	5	Augusto; Diego; João; Marcelo; Renato

Análise de Variância

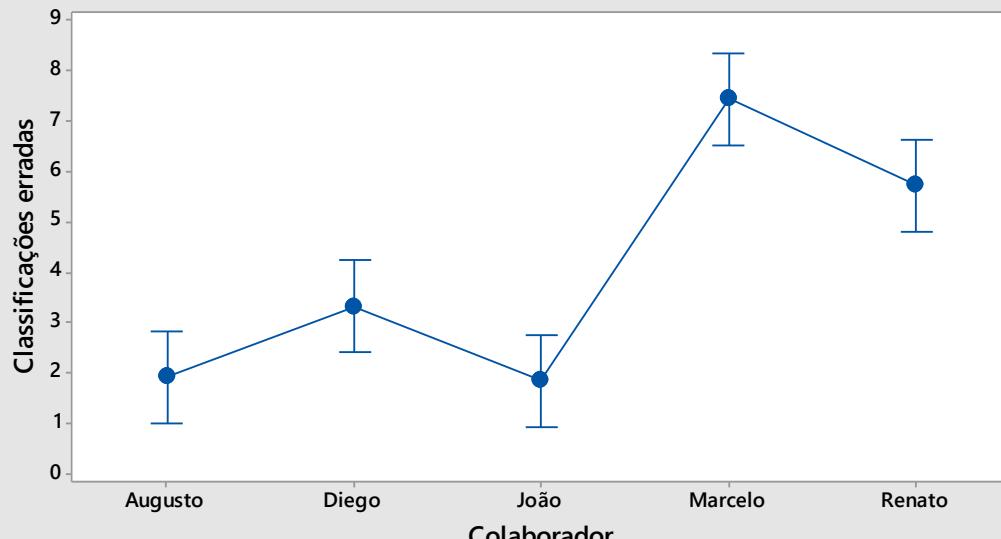
Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Colaborador	4	364,0	91,000	28,87	0,000
Erro	70	220,7	3,152		
Total	74	584,7			

Sumário do Modelo

S	R2	R2(aj)	R2(pred)
1,77549	62,26%	60,10%	56,67%

Ao realizarmos a **Análise de Variância**, verificamos que as médias de pelo menos 1 colaborador é significativamente maior ou menor. Portanto, os resultados possuem médias diferentes.

Gráfico de intervalos Classificações erradas versus Colaborador
IC de 95% para a Média



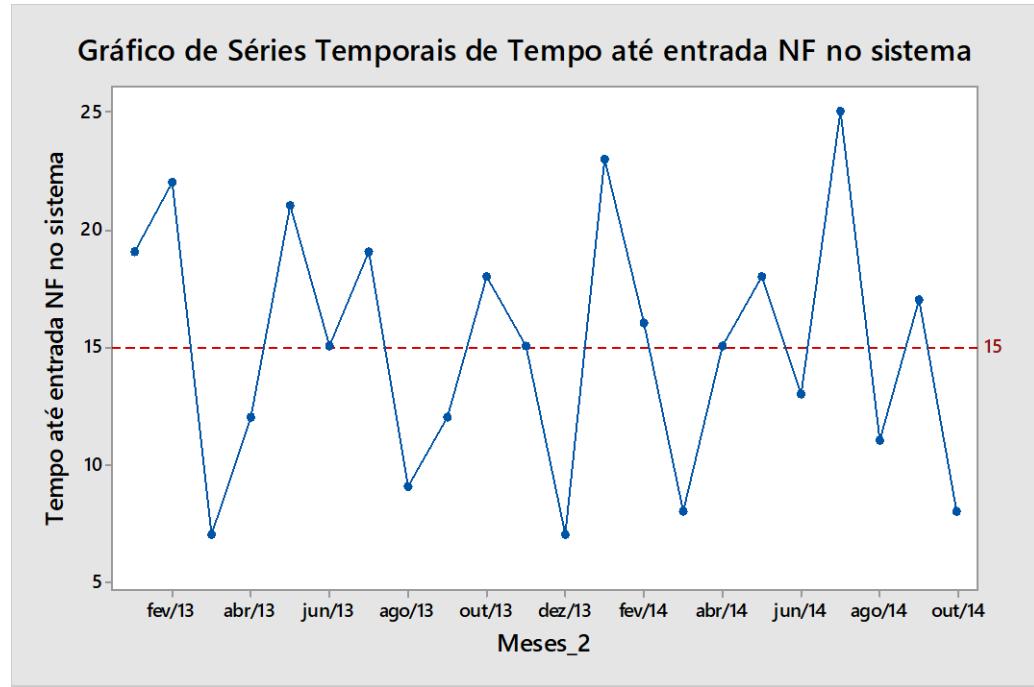
O desvio padrão combinado foi usado para calcular os intervalos.

❖ Projeto Redução de Custos

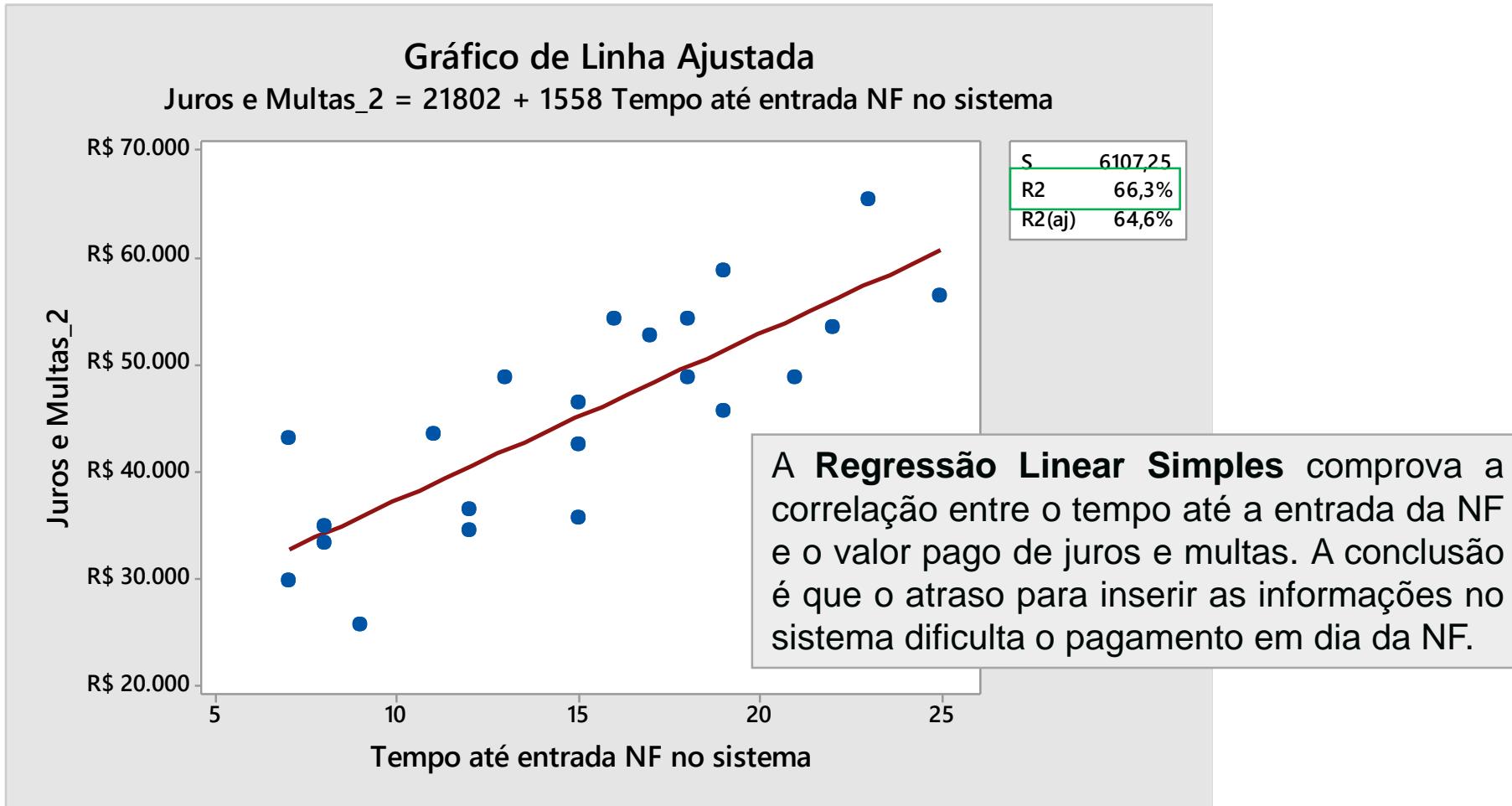


2. TEMPO DO RECEBIMENTO ATÉ A ENTRADA DA NF NO SISTEMA

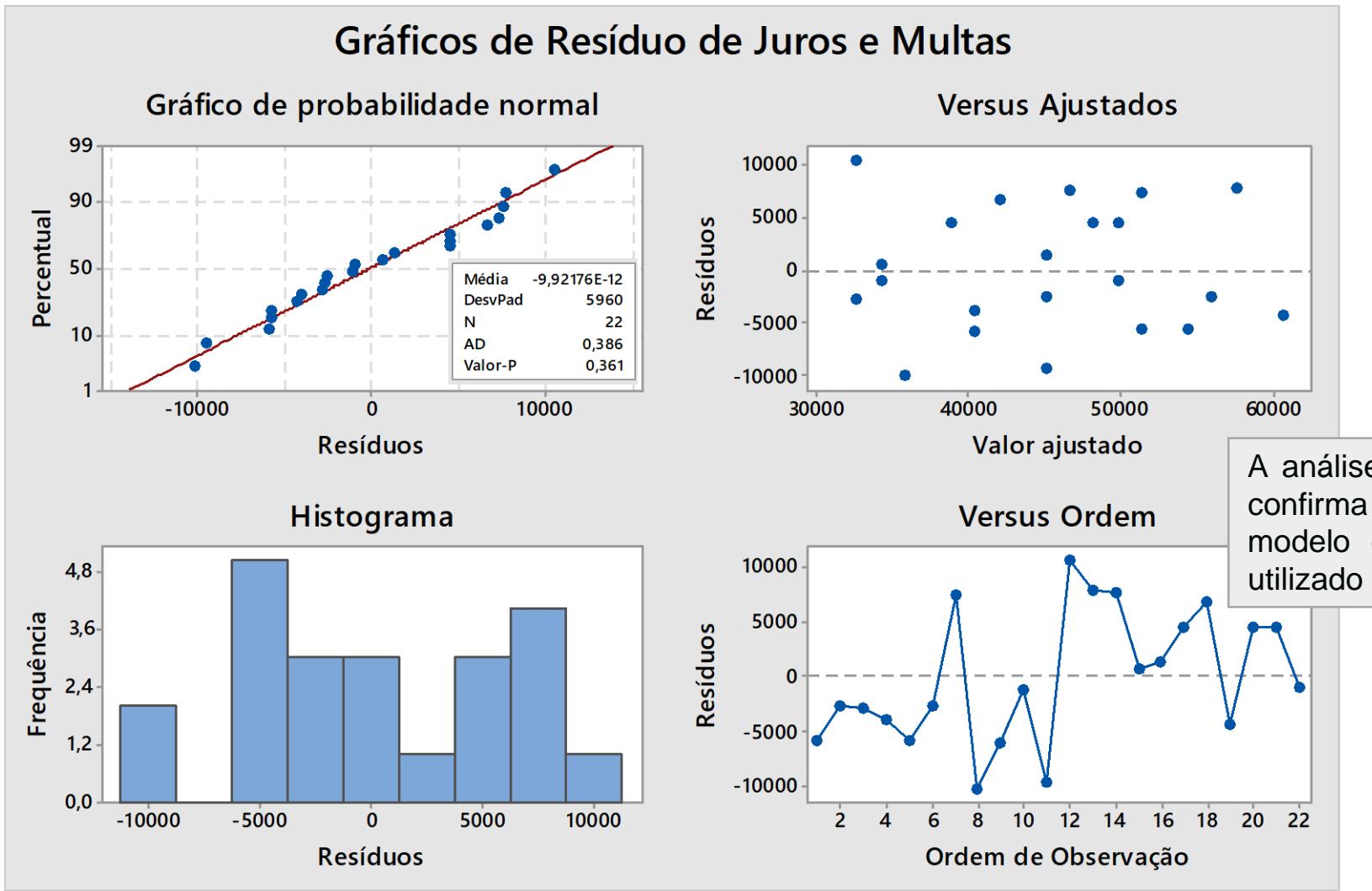
Para cada mês verificou-se o tempo médio do recebimento da Nota fiscal na empresa até a inserção das informações no sistema. O valor médio é igual a 15 dias, com desvio padrão de 5,36. Segundo o procedimento da empresa, o tempo deveria ser de 2 dias para que o pagamento fosse realizado na data correta.



❖ Projeto Redução de Custos



❖ Projeto Redução de Custos



❖ *Projeto Redução de Custos*



3. INFORMAÇÕES INCORRETAS OU INCOMPLETAS NA NOTA FISCAL

Alguns fornecedores preenchem a Nota Fiscal de forma errada e, quando validada pela empresa, a NF é rejeitada e retorna ao fornecedor. Isso gera desgaste na relação empresa *versus* fornecedor. Além disso, as NFs com informações incompletas ou incorretas que não são detectadas na etapa de validação, seguem no processo mas não são pagas em dia.

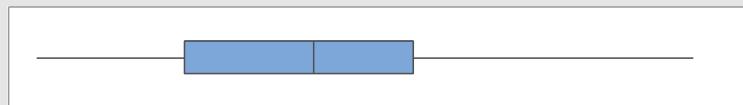
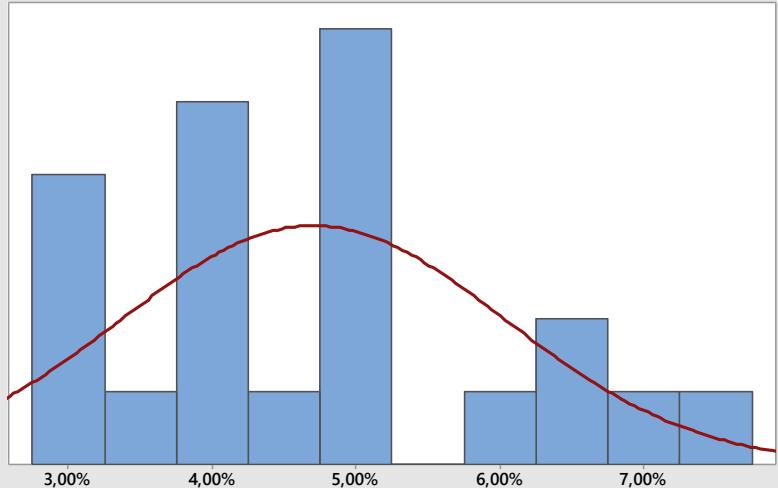
Amostras de 30 NFs foram separadas por mês, e o % de NFs defeituosas calculado para cada conjunto. A correlação e a análise de regressão linear simples ajudarão a demonstrar a dependência do %defeituosas e o valor pago de juros e multas.

Média	0,047000
DesvPad	0,013343
Variância	0,000178
Assimetria	0,449116
Curtose	-0,560333
N	22
Mínimo	0,027800
1o. Quartil	0,038075
Mediana	0,047050
3o Quartil	0,053950
Máximo	0,073400

❖ Projeto Redução de Custos



Relatório Resumo para %defeituosas



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado	0,38
Valor-p	0,366
Média	0,047000
DesvPad	0,013343
Variância	0,000178
Assimetria	0,449116
Curtose	-0,560333
N	22
Mínimo	0,027800
1o. Quartil	0,038075
Mediana	0,047050
3o Quartil	0,053950
Máximo	0,073400

Intervalo de 95% de Confiança para Média

0,041084 0,052916

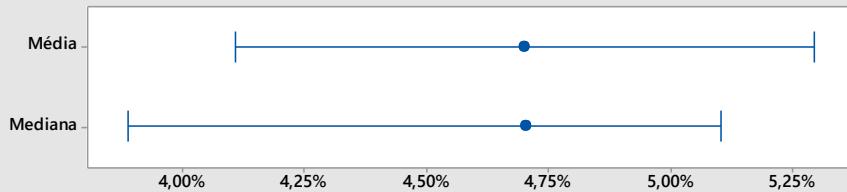
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

0,038900 0,051014

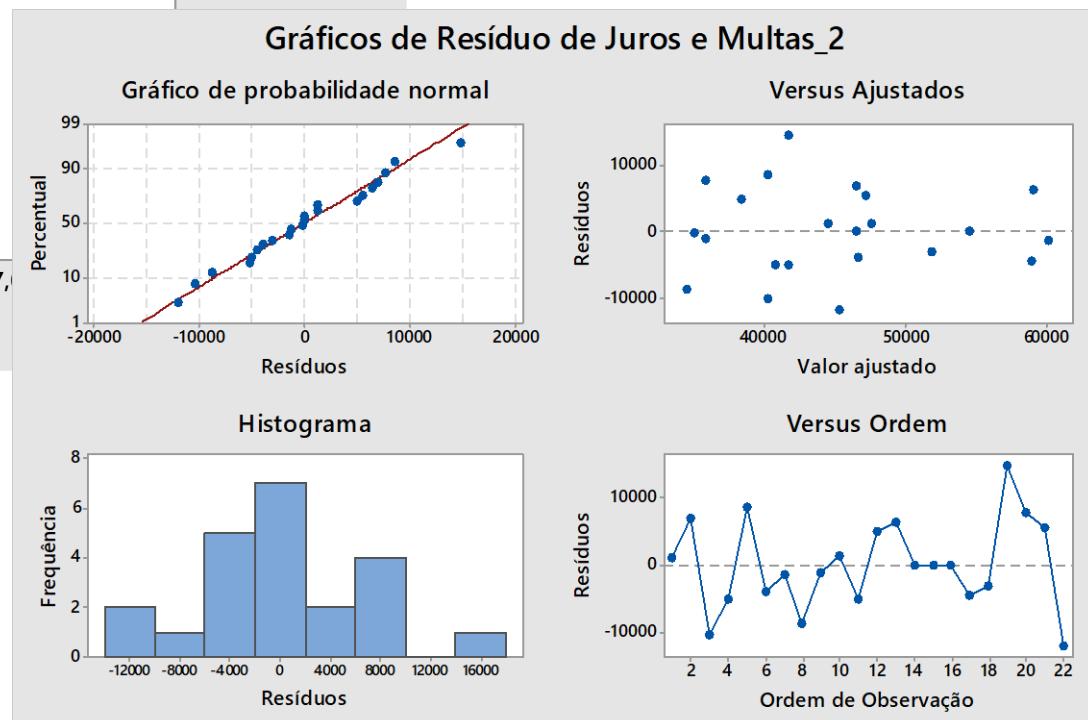
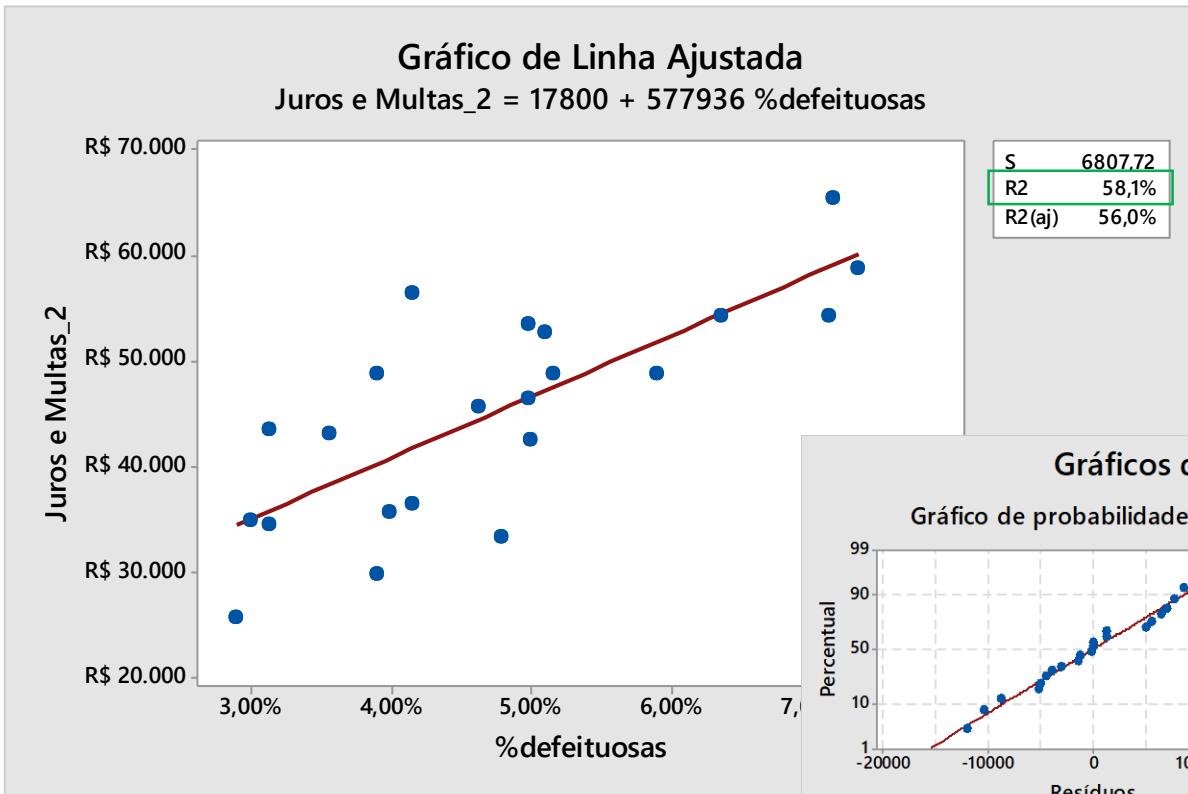
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

0,010266 0,019068

Intervalos de 95% de Confiança



❖ Projeto Redução de Custos



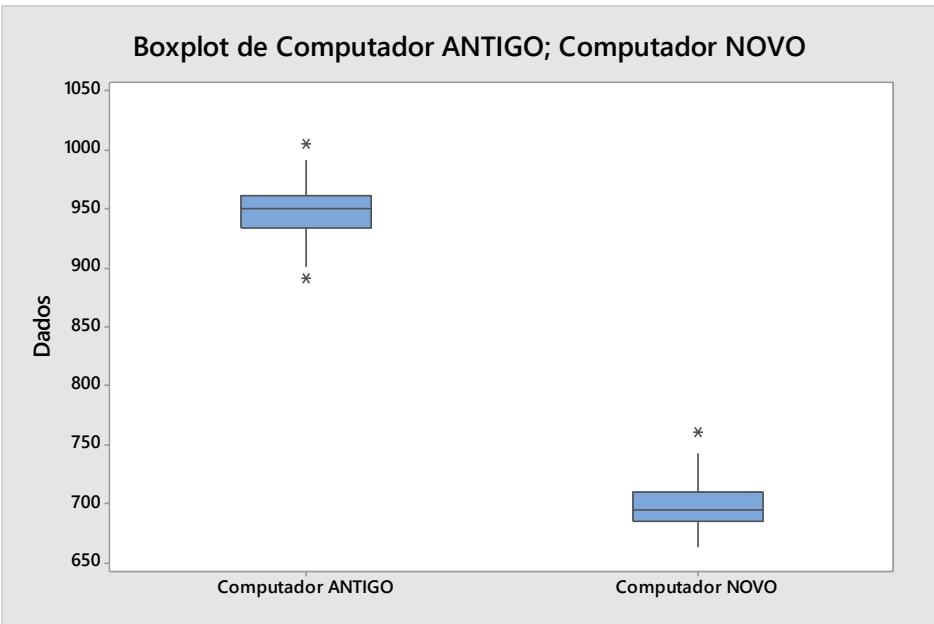
A Análise de regressão comprova a correlação das variáveis estudadas. A análise de resíduo comprova que o modelo de regressão utilizado é adequado.

❖ Projeto Redução de Custos



4. COMPUTADOR OBSOLETO

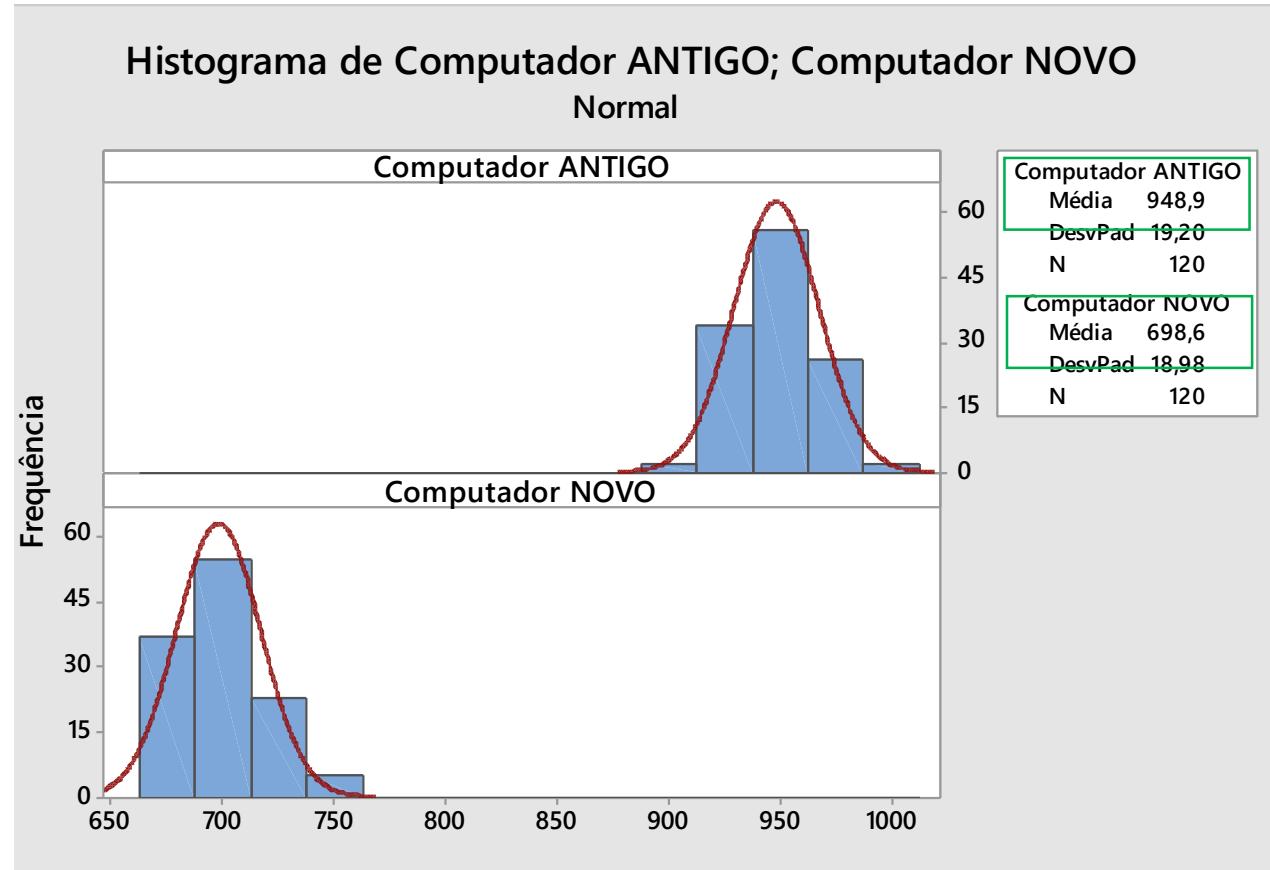
O objetivo desta análise é comprovar que computadores com configurações melhores reduzem de forma significativa o tempo de cadastramento das Notas Fiscais no sistema e, consequentemente, FAVORECE o pagamento da Nota Fiscal na data correta. O teste foi realizado com uma amostra de 120 Notas Fiscais, utilizando o mesmo analista para cadastrar as NFs em dois computadores de configurações significativamente diferentes.



❖ Projeto Redução de Custos



No computador ANTIGO (configuração pior) o tempo médio para cadastrar cada Nota Fiscal foi de 16 minutos e no computador NOVO (configuração melhor) foi de 12 minutos. Para as 120 NFs do teste a diferença total do tempo foi de 480 minutos (8 horas = 1 dia de trabalho).



❖ Projeto Redução de Custos



Teste T para Duas Amostras e IC: Computador ANTIGO; Computador NOVO

Teste T para 2 amostras para Computador ANTIGO vs Computador NOVO

	N	Média	DesvPad	Média
Computador ANTIGO	120	948,9	19,2	1,8
Computador NOVO	120	698,6	19,0	1,7

Diferença = μ (Computador ANTIGO) - μ (Computador NOVO)

Estimativa para a diferença: 250,29

IC de 99,9% para a diferença: (242,08; 258,51)

Teste T de diferença = 0 (versus ≠): Valor T= 101,54 Valor-P = 0,000 GL = 237

O teste t para duas amostras comprova, com 99,9% de confiança, que as médias obtidas são significativamente diferentes. (p-valor < 0,001)

❖ *Projeto Redução de Custos*



Me.1 – Quais são as possíveis soluções? Será necessário prioriza-las?

Para cada causa raiz identificada na fase anterior, a equipe do projeto realizou um brainstorming para definir possíveis soluções e organizou as informações em um Diagrama de Árvore. Posteriormente, as causas foram priorizadas utilizando os critérios de baixo custo, rapidez e impacto sobre a causa.

❖ Projeto Redução de Custos



SOLUÇÕES	CRITÉRIOS PARA A PRIORIZAÇÃO			TOTAL	%
	Baixo custo	Rapidez	Impacto sobre a causa		
Centralizar o pagamento de NF de fornecedores	9	8	10		
Notificar fornecedores que estiverem preenchendo a NF de forma incorreta	3	3	5	101	8,3%
Criar e divulgar manual de preenchimento de NF para fornecedores	5	5	3	115	9,5%
Revisar o procedimento de validação da NF	3	5	3	97	8,0%
Revisar o procedimento de lançamento da NF	5	5	1	95	7,8%
Medir o lead time do processo via sistema	5	3	3	99	8,2%
Criar um indicador de performance para a área de Contas a Pagar	5	5	3	115	9,5%
Definir metas de performance para os analistas	5	3	3	99	8,2%
Capacitar os analistas envolvidos	3	5	3	97	8,0%
Comprar novos computadores	1	3	5	83	6,8%
Trocar memória dos computadores atuais da área de Contas a Pagar	5	3	3	99	8,2%
Trocar computadores da área por outros disponíveis na empresa	5	3	5	119	9,8%

5 Correlação FORTE

1 Correlação FRACA

3 Correlação INTERMEDIÁRIA

0 Correlação AUSENTE

❖ Projeto Redução de Custos



Solução (WHAT)	Responsável (WHO)	Prazo (WHEN)	Local (WHERE)	Motivo (WHY)	Procedimento (HOW)	Custo (HOW MUCH)
Centralizar o pagamento de fornecedores	Cleide de Oliveira	07/11/2014	Belo Horizonte	Simplificar o processo definindo um local único para envio de todas as NFs	Centralizar todos os envios para a área de Contas a Pagar em Belo Horizonte	Sem custo
Implementar e testar o estado futuro do processo (processo otimizado)	Cleide de Oliveira	21/11/2014	Área de Contas a Pagar	Implementar o processo com menor lead time e redução dos desperdícios identificados pela equipe do projeto	Fazer as modificações previstas no processo e testar o ritmo por 7 dias	R\$ 1.800,00
Criar e divulgar novo procedimento de preenchimento e envio de NFs	Andrea Almeida	14/11/2014	Área de Contas a Pagar	Definir um procedimento correto a ser seguido pelos colaboradores da área de Contas a Pagar	Documentar o procedimento no formulário padrão e salvar na rede	Sem custo
Treinar os colaboradores da área de Contas a Pagar	Andrea Almeida	21/11/2014	Centro de Treinamento	Capacitar os colaboradores da área de Contas a Pagar nas atividades do processo revisado	Reservar a sala de treinamento e convocar todos os colaboradores envolvidos para o	R\$ 250,00
Produzir e entregar cartilha com instruções básicas aos fornecedores	Andrea Almeida	28/11/2014	Área de Contas a Pagar	Formalizar junto aos fornecedores as novas regras para preenchimento e envio de NFs	Produzir a cartilha em PDF e imprimir cópias na gráfica para distribuir aos fornecedores	R\$ 800,00
Notificar os fornecedores que estiverem preenchendo as NFs com erros	Andrea Almeida	a partir de dezembro/14	Portal do Fornecedor	Evitar que o fornecedor cometa o mesmo erro novamente	Notificar por e-mail semanalmente	Sem custo
Trocá os computadores mais problemáticos da área de Contas a Pagar pelos disponíveis em outras áreas	Walmir Assunção	14/11/2014	TI	Reducir o tempo gasto pela área de Contas a Pagar para cadastrar as NFs no sistema da empresa	A área de TI deve avaliar os computadores que não estão sendo utilizados em outras áreas	Sem custo
Medir o lead time do processo via sistema	Mariana Werner	07/11/2014	Área de Contas a Pagar	Controlar o tempo total gasto desde o recebimento até o pagamento de uma NF	O sistema deve registrar a data em que cada etapa do processo ocorreu e calcular o tempo em horas ou dias	Sem custo
Criar e implementar o indicador de performance da área de Contas a Pagar	Mariana Werner	07/11/2014	Área de Contas a Pagar	Monitorar a performance de cada analista da área e estabelecer um ritmo adequado para o processo	Implementar o indicador de tempo médio para validação de NF e tempo médio para lançamento de NF por analista	Sem custo

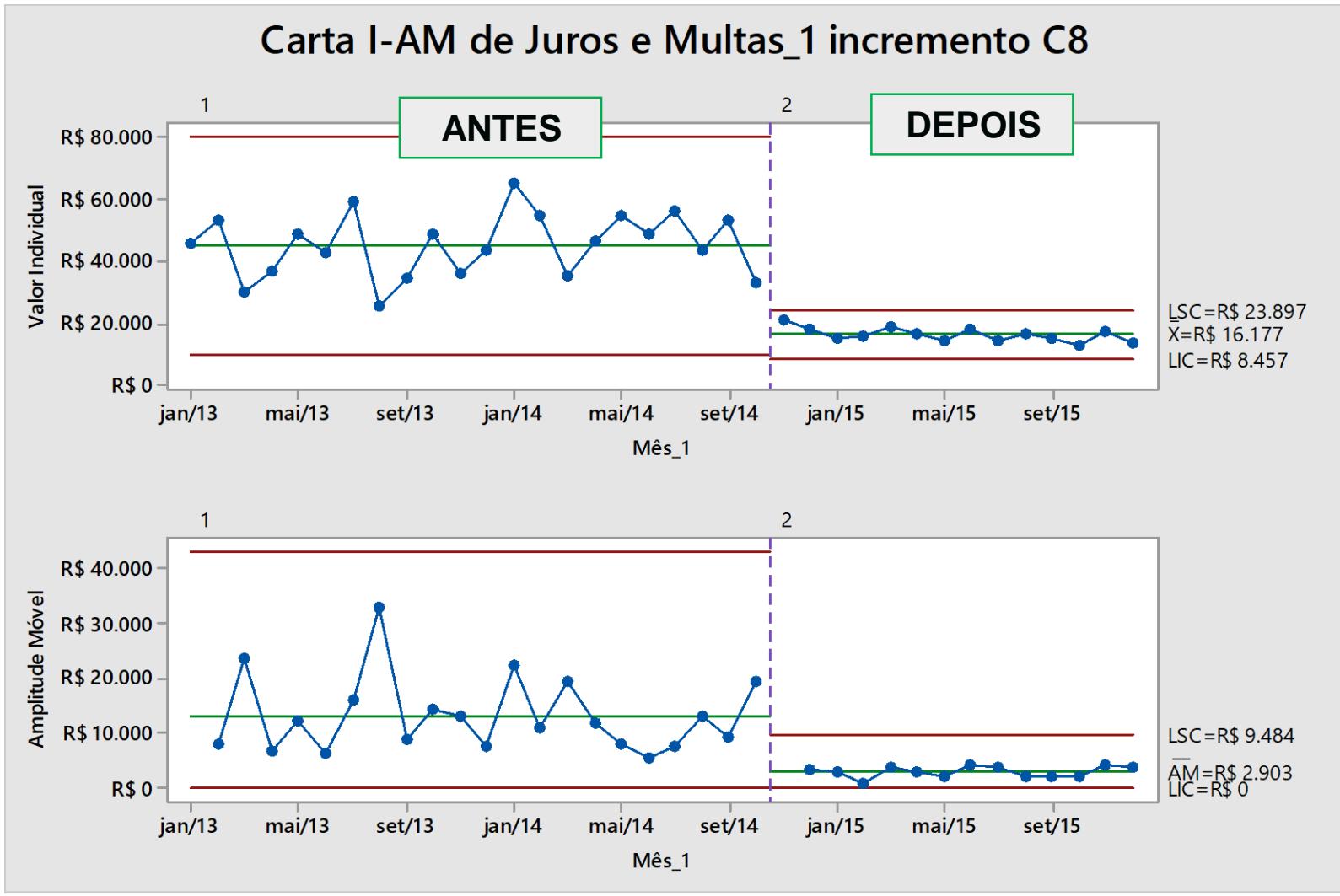
❖ *Projeto Redução de Custos*



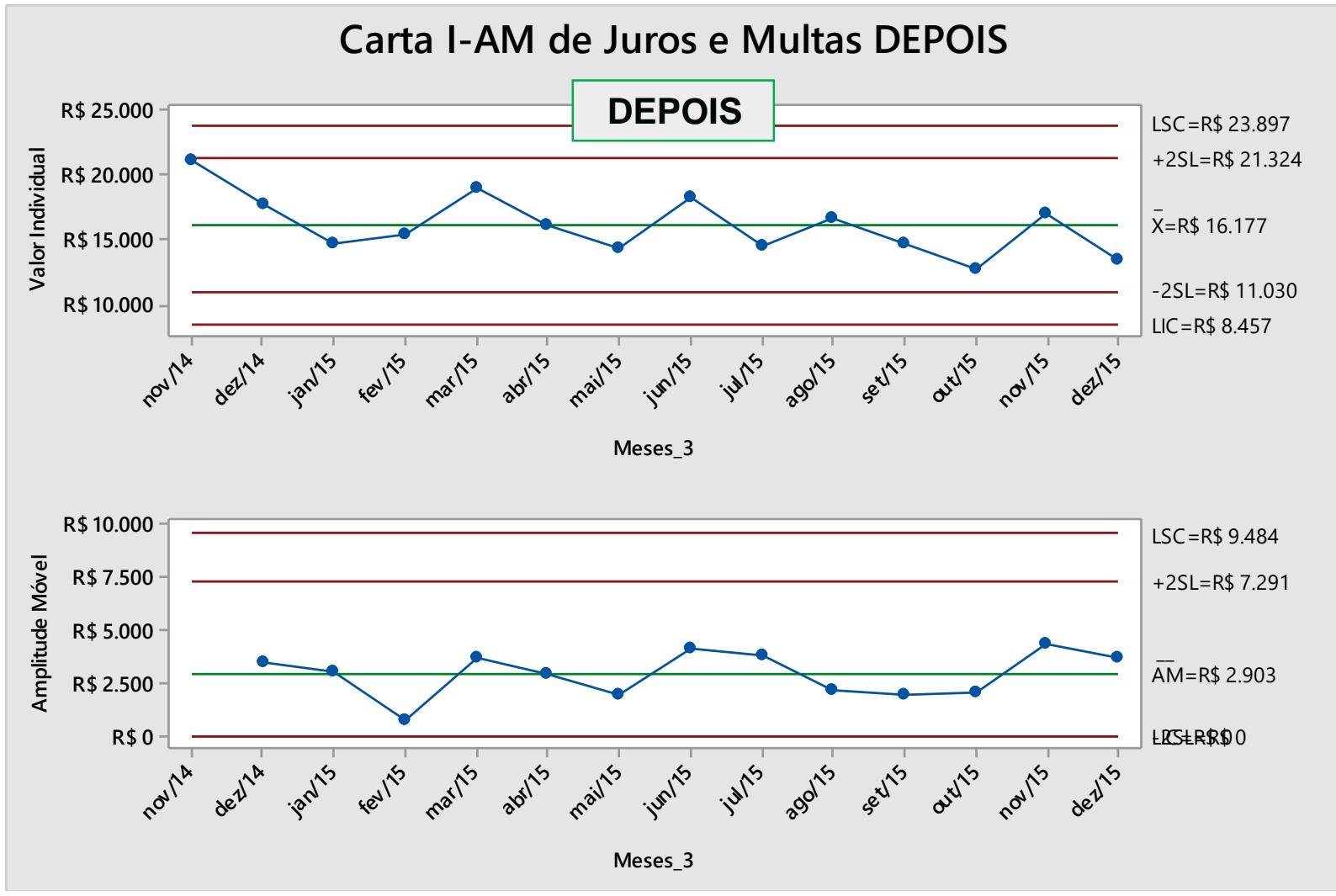
C.1 – A meta foi alcançada? Quais foram os ganhos financeiros?

O cenário antes e depois do projeto foi apresentado através das Cartas de Controle. O ganho financeiro foi calculado com base no valor médio do período mensurado. A economia foi de R\$ 29.310,00 e no período de 12 meses foi de R\$ 351.720,00.

❖ Projeto Redução de Custos



❖ Projeto Redução de Custos

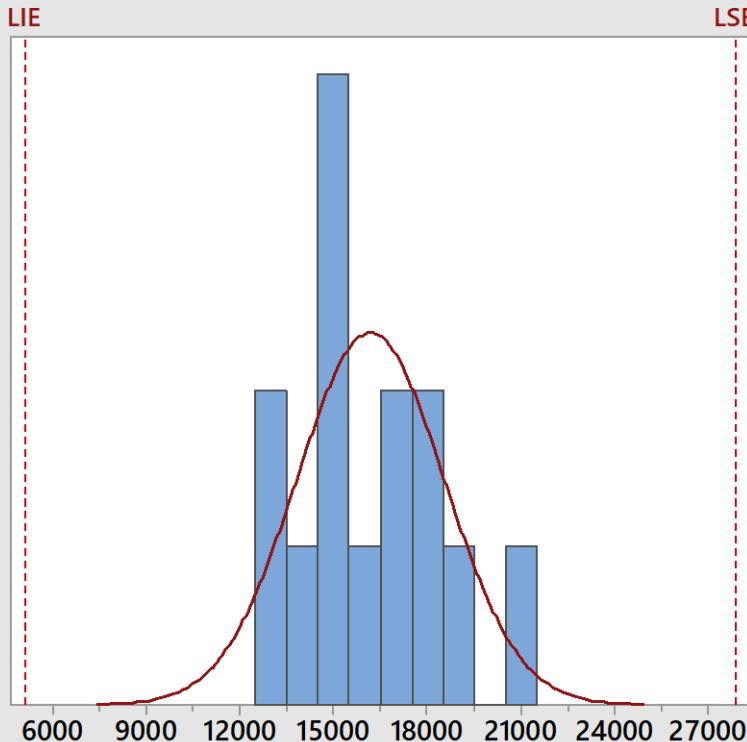


❖ Projeto Redução de Custos



Relatório de Capacidade do Processo para Juros e Multas DEPOIS

Dados do Processo	
LIE	5100
Alvo	*
LSE	27900
Média Amostral	16176,9
N Amostral	14
DesvPad(Global)	2366,35



Capacidade Global	
Z.Bench	4,63
Z.LIE	4,68
Z.LSE	4,95
Ppk	1,56
Cpm	*

Nível Sigma = 4,63 +
1,5 = 6,13

Desempenho	Observado	Global Esperado
PPM < LIE	0,00	1,43
PPM > LSE	0,00	0,36
PPM Total	0,00	1,79

❖ *Projeto Redução de Custos*



Cenário ANTES: jan/13 a jul/14 – valor médio R\$ 45.487,00

Cenário DEPOIS: nov/14 a dez/15 – valor médio R\$ 16.177,00

Economia média mensal: R\$29.310,00

Economia média anual: R\$ 351.720,00

❖ *Projeto Redução de Custos*



C.2 – Descreva o Plano de Controle do processo que irá garantir a sustentabilidade dos resultados.

O Plano de Controle estabelecido foi:

- A “dona do processo” será o par da Green Belt na área de Contas a Pagar;
- Foi elaborado um OCAP que será ativado sempre que o valor pago de juros e multas superar a especificação máxima de R\$ 27.900,00;
- As medições serão feitas mensalmente e plotadas nas Cartas de Controle I-MR;
- Foi criado uma Manual do Fornecedor para orientar o preenchimento das Notas Fiscais;
- Foi criado um e-mail padrão, disparado para todo novo fornecedor cadastrado na empresa;
- Todos os envolvidos nos procedimentos revisados foram treinados e os fornecedores chave (itens vitais do Pareto) receberam treinamento da empresa também;
- O processo da área de Contas a Pagar continua com o mesmo sequenciamento, mas o layout foi alterado.



Módulo 7

- Estudo de Caso 1: Projeto Redução do custo de juros e multas com pagamentos atrasados de fornecedores;*
- Estudo de Caso 2: Projeto Redução no abandono de ligações no serviço de televendas;***
- Estudo de Caso 3: Projeto Redução do Tempo de Motos em Estoque;*

❖ *Projeto Redução no Abandono de Ligações*



D.1 – Qual é o problema?

A **Voitto Online**, é uma empresa varejista que realiza a venda de seus produtos online e no televendas. A central de atendimento da Voitto Online monitora a quantidade de ligações recebidas diariamente, o percentual das ligações convertidas em compras e a taxa de abandono de ligações. Nos últimos meses, a taxa de abandono apresentou um resultado médio elevado e a empresa entende que cada ligação que não é concluída representa potencialmente uma venda perdida.

A empresa deseja aumentar a venda do televendas reduzindo a taxa de abandono. O abandono no televendas da Voitto Call Center em 2014 foi de 10,2%.

❖ *Projeto Redução no Abandono de Ligações*

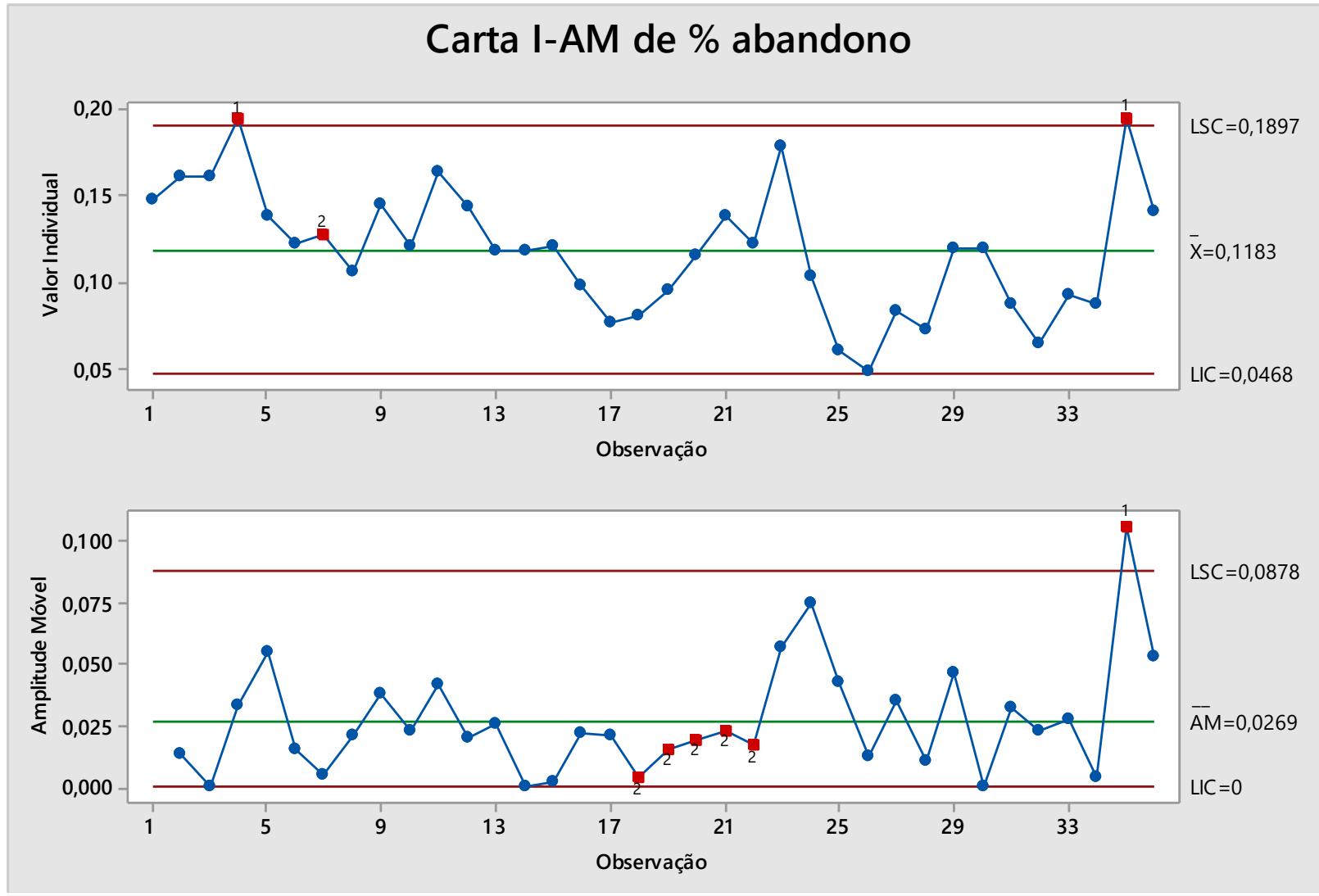


D.2 – Qual é o indicador?

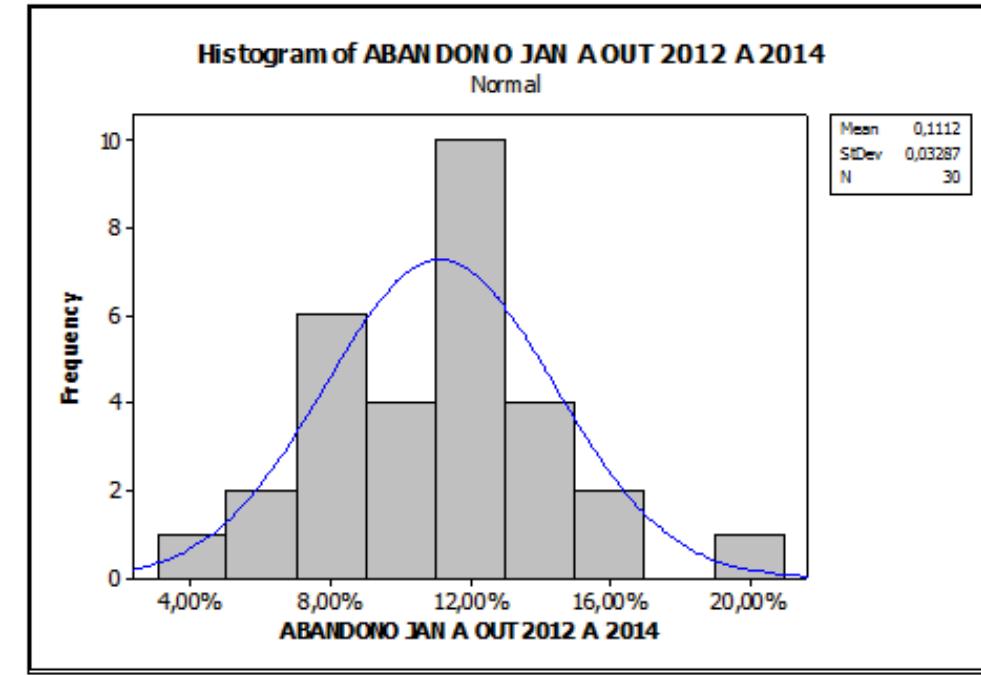
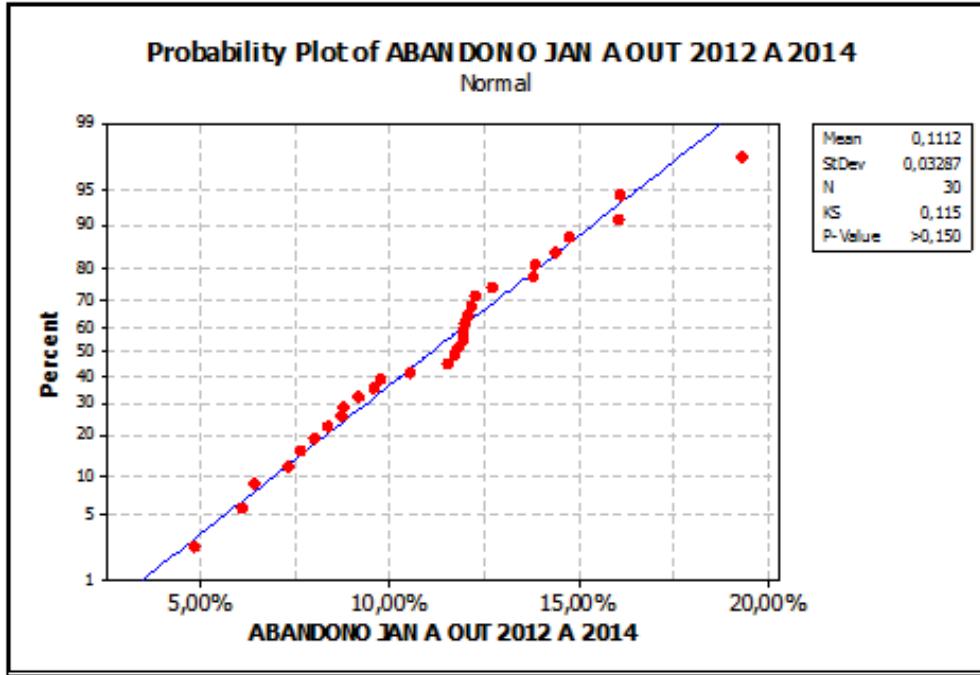
O indicador que será utilizado para medir o resultado do projeto será a **taxa de abandono**. Esse indicador é medido diariamente por meio de dados provenientes do sistema de gerenciamento de chamadas.

$$\text{taxa de abandono} = \frac{\text{qtde de ligações abandonadas}}{\text{qtde de ligações recebidas}}$$

❖ Projeto Redução no Abandono de Ligações



❖ Projeto Redução no Abandono de Ligações



Ano	Média	DesvPad	Mínimo	Q1	Mediana	Máximo
2012	14,38%	2,37%	10,56%	12,36%	14,34%	19,32%
2013	11,35%	2,71%	7,64%	9,61%	11,63%	17,79%
2014	9,75%	4,03%	4,85%	6,66%	8,75%	19,33%

❖ *Projeto Redução no Abandono de Ligações*



D.3 – Qual é a meta do projeto?

Considerando o histórico do indicador, o mínimo apresentado foi de 4,9% com uma mediana de 8,8%. Para definir a meta vamos calcular a média entre o valor mínimo observado para o indicador e a mediana referente aos dados do mesmo ano.

Meta: Reduzir o percentual de abandono de ligações em 33%, de forma que em 12 meses teremos um acumulado anual de 6,85%.

❖ Projeto Redução no Abandono de Ligações



❖ *Projeto Redução no Abandono de Ligações*



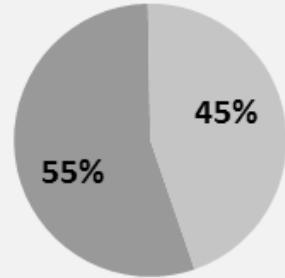
M.1 – Análise estatística da variável resposta (y) com medidas estatísticas descritivas e gráficos básicos.

A base de dados do indicador de taxa de abandono é considerada confiável para a análise estatística. Os dados coletados são provenientes de um sistema próprio de gerenciamento de chamadas que é utilizado pela empresa há mais de 10 anos, sendo constantemente acompanhado e auditado pela equipe..

❖ Projeto Redução no Abandono de Ligações



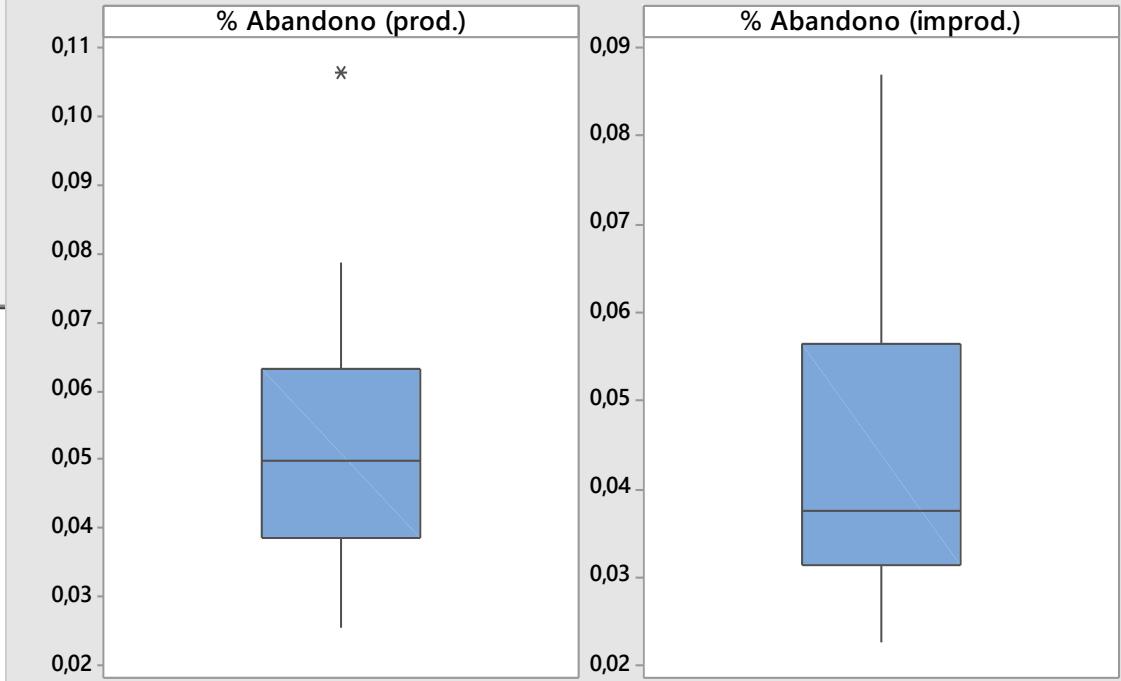
❖ Projeto Redução no Abandono de Ligações



■ ligações produtivas ■ ligações improdutivas

A estratificação que mais chama atenção deste projeto é a divisão entre ligações produtivas e improdutivas. Em 2014 tivemos 4 MM ligações atendidas no televendas, destas 1,8MM foram ligações improdutivas (45%).

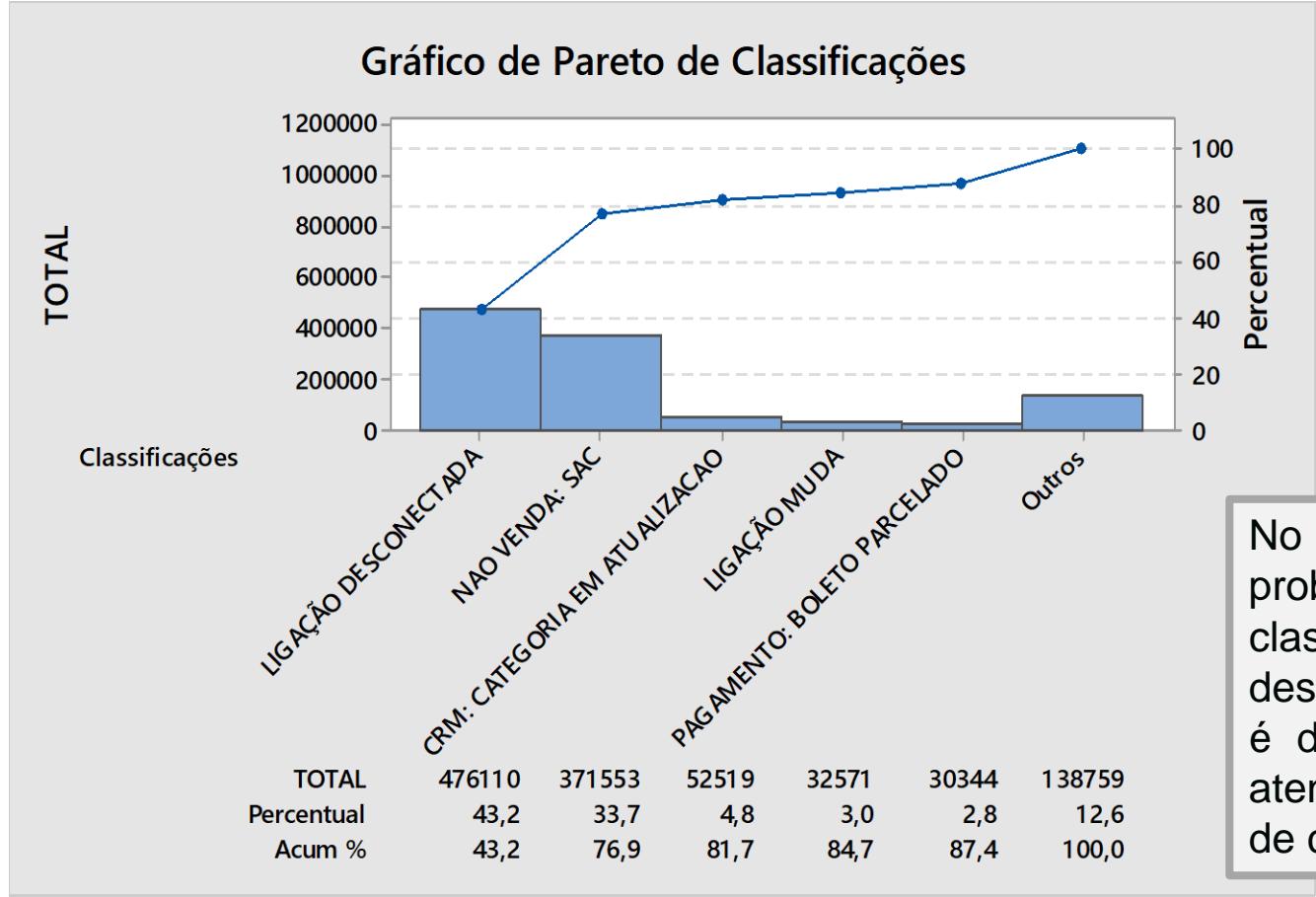
Visão: Abandono (prod x improd)



❖ Projeto Redução no Abandono de Ligações



Pareto - Improdutivas



No Pareto visualizamos que 76,9% dos problemas são resultantes de duas (02) classificações, sendo elas: ligação desconectada e SAC. A média desse indicador é de 149 mil ligações direcionadas para um atendimento em que o cliente não tem interesse de compra.

❖ *Projeto Redução no Abandono de Ligações*



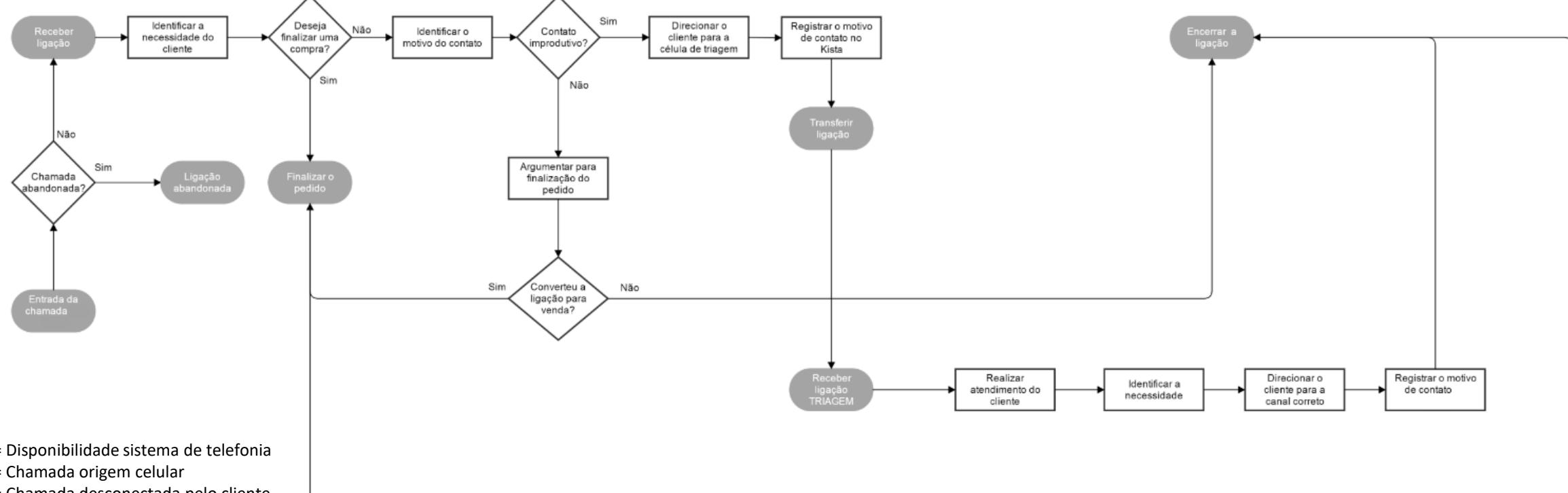
M.2 – Identificar as causas/variáveis de entrada potenciais (X's) através do Mapa de Processo.

O abandono é o fato gerador do problema. No processo, uma chamada abandonada é uma consequente perda de venda, visto que essa não segue para o atendimento. No Mapa de Processo temos o detalhe da ligação considerando as demais etapas pelas quais a chamada seguiria caso não tivesse sido abandonada.

❖ Projeto Redução no Abandono de Ligações



y = Identificação do cliente
y = Tempo de espera na fila
y = Identificação do operador



(X) = Disponibilidade sistema de telefonia
(X) = Chamada origem celular
(X) = Chamada desconectada pelo cliente
(X) = Tempo médio de espera na fila
(Pp) = Ligação recebida

(PF) = Ligação atendida

(X) = Treinamento

(Pp) = Identificação das necessidades do cliente

('R) = Comprometimento do operador

(Pp) = Pedido ou ligação improdutiva

(X) = Treinamento para argumentação
(C) = Conhecimento do operador

('R) = Comprometimento do operador

(Pp) = Identificação das necessidades do cliente

(X) = Disponibilidade do operador

(Pp) = Direcionamento do cliente

('C) = Clareza das informações
(C) = Conhecimento do operador

('C) = Disponibilidade das informações

('R) = Nível de conhecimento do operador

(X) = Disponibilidade do sistema
(X) = Treinamento
(Pp) = Registro do motivo de contato

(PF) = Ligação finalizada

❖ *Projeto Redução no Abandono de Ligações*



A.1 – Identificar as causas/variáveis de entrada potenciais (X's) através do Mapa de Processo e Espinha de Peixe.

A partir de uma sessão de brainstorming com a equipe do projeto e os colaboradores da área e uma análise de 5 porquês, foram levantadas causas potenciais do problema.

As causas foram priorizadas através de uma Matriz de Priorização, utilizando os critérios de impacto, ocorrência e esforço.

Causa Priorizada
Tempo gasto para inclusão dos dados do cartão na tela de pagamento
Distribuição incorreta das pausas na operação
Tempo gasto para explicações relacionadas as regras da organização
Limitações sistêmicas para alteração/atualização cadastral
Falta senso de urgência do vendedor para localização de produtos
Dificuldades do vendedor para localização do produto quando o cliente não possui o código
Dúvidas relacionadas aos itens comercializados quando a informação não está disponível no site
Dúvidas que não foram esclarecidas durante a apresentação do produto na TV
Dificuldades na argumentação de área de entrega não atendida
Dúvidas nas formas de pagamento disponíveis
Dúvidas no processo de recuperação do pedido
Argumentação para converter as vendas com interesse de parcelamento no boleto
Dificuldades no processo de sondagem do vendedor para identificar as necessidades do cliente

❖ *Projeto Redução no Abandono de Ligações*



Me.1 – Quais são as possíveis soluções?

Considerando as causas levantadas, as soluções propostas incluem modificações no processo de treinamento, padronização de processos operacionais, desenvolvimento de relatórios, pesquisa com os operadores para identificar melhorias e possibilidade de atuação, inclusão de informações no sistema, entre outras ações para controle do indicador.

❖ *Projeto Redução no Abandono de Ligações*



Solução a ser implementada

Aplicação de treinamento específico de regras organizacionais

Inserir variável "código do produto" no sistema

Treinamento dos principais produtos sinalizados como "apenas informação"

Pesquisa de clima para identificar as razões para falta de senso de urgência do operador no processo de identificação dos produtos

Treinamento para revisão do processo de identificação/navegação no site e técnicas de venda

Aplicação de treinamento/script específico para dúvidas relacionadas a área de entrega não atendida

Solução a ser implementada

Reavaliação dos treinamentos de formação inicial e reciclagem

Controle operacional para distribuição das pausas

Revisão do processo de recuperação de compras

Reavaliação dos perfis de vendedores e adequação das contratações

Reavaliação da ficha técnica dos principais códigos de produto do site

Ativação da opção "salva cartão" no CRM

Alterações sistêmicas no CRM (processo de alteração/atualização cadastral)

Reavaliação do dimensionamento de vendedores x apresentação dos produtos

❖ *Projeto Redução no Abandono de Ligações*



C.1 – As metas específicas foram alcançadas?

As metas específicas foram alcançadas para ambos os focos estabelecidos no projeto.

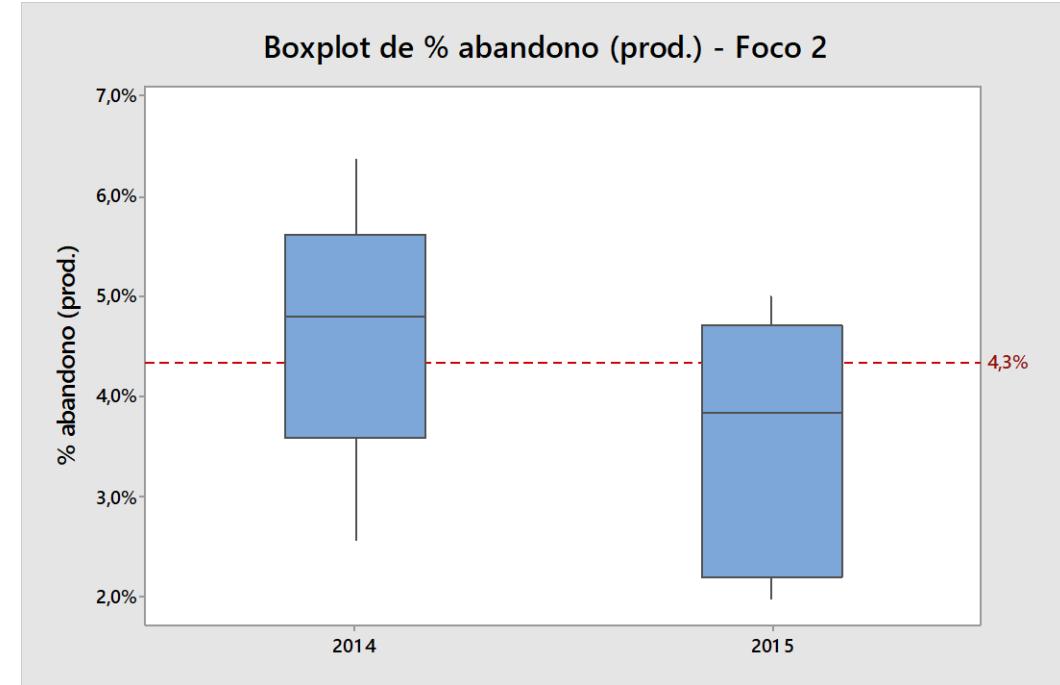
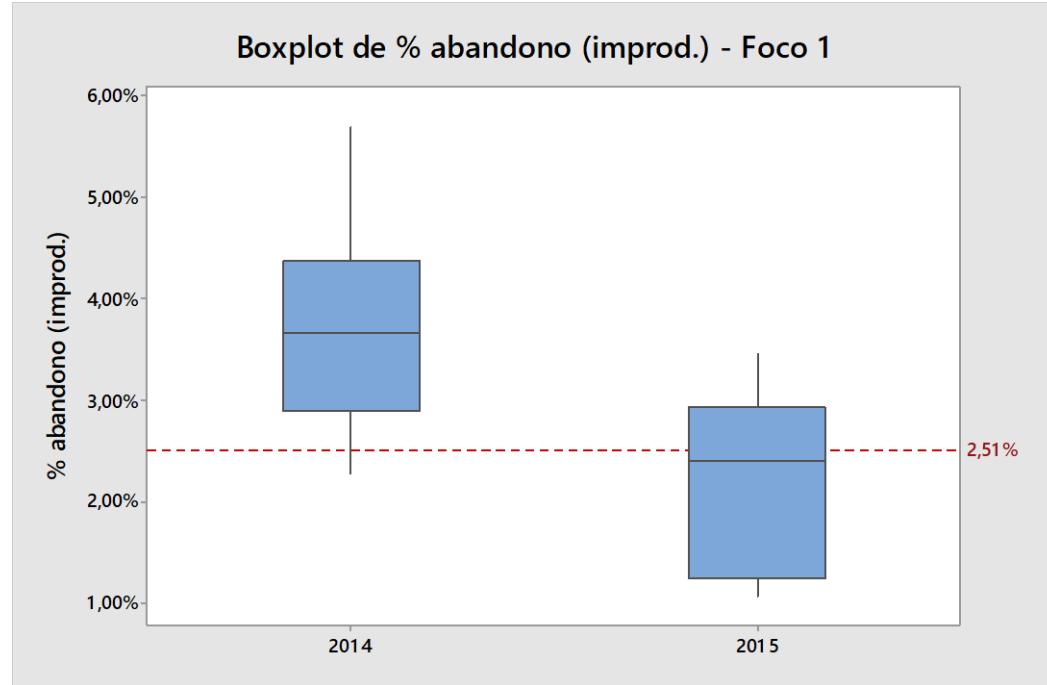
Foco 1 -> Abandono Improdutivo: Meta: 2,51%. Realizado: 2,30%

Foco 2 -> Abandono Produtivo: Meta: 4,34% . Realizado: 3.75%

❖ Projeto Redução no Abandono de Ligações



Metas específicas					
Focos	Realizado 2014	Meta	Realizado 2015	% redução meta	% redução 2014
Foco 1 - Abandono Improdutivo	4,6%	2,51%	2,30%	-8%	-50%
Foco 2 - Abandono Produtivo	5,6%	4,34%	3,75%	-14%	-34%
Meta Geral	10,20%	6,85%	6,05%	-12%	-41%



❖ *Projeto Redução no Abandono de Ligações*



C.3 – Qual foi o retorno financeiro?

A redução de 41% no indicador de ligações abandonadas resultou em um ganho financeiro potencial de 20 MM.

O controle diário do indicador considerando o escopo do projeto manterá esse resultado até o final do ano, a expectativa de ganho anual é de 27 MM.



Módulo 7

- Estudo de Caso 1: Projeto Redução do custo de juros e multas com pagamentos atrasados de fornecedores;*
- Estudo de Caso 2: Projeto Redução no abandono de ligações no serviço de televendas;*
- Estudo de Caso 3: Projeto Redução do Tempo de Motos em Estoque;***

❖ **Projeto Redução do Tempo de Motos em Estoque**



D.1 – Qual é o problema?

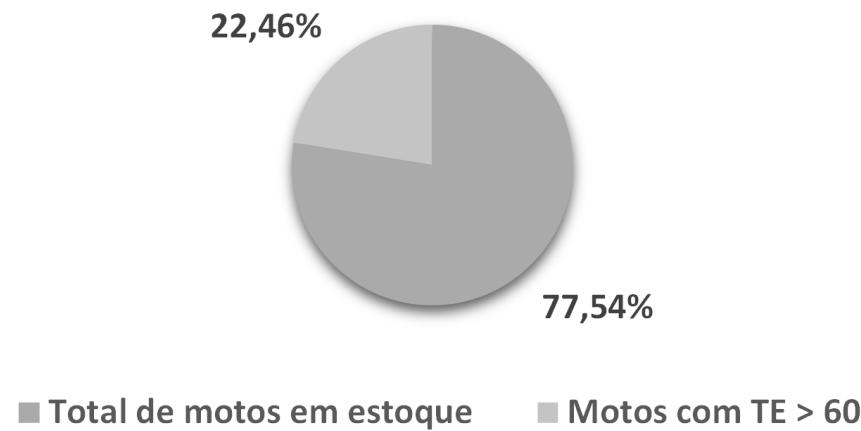
A **Rodamotos**, é uma empresa de revenda de motos que atua em diversas partes do país. Atualmente existe um problema no setor de vendas, onde o alto tempo de permanência das motos quem foram disponibilizadas para vendas e ainda não foram vendidas, gera um impacto negativo na lucratividade. As motos com tempo parado em estoque acima de 60 dias, devem ser vendidas com um desconto comercial maior que as motos vendidas mais rapidamente, além do aumento na depreciação do produto.

Logo, a empresa visa aumentar a rotatividade das motos em estoque.

❖ Projeto Redução do Tempo de Motos em Estoque



Índice de TE > 60 dias

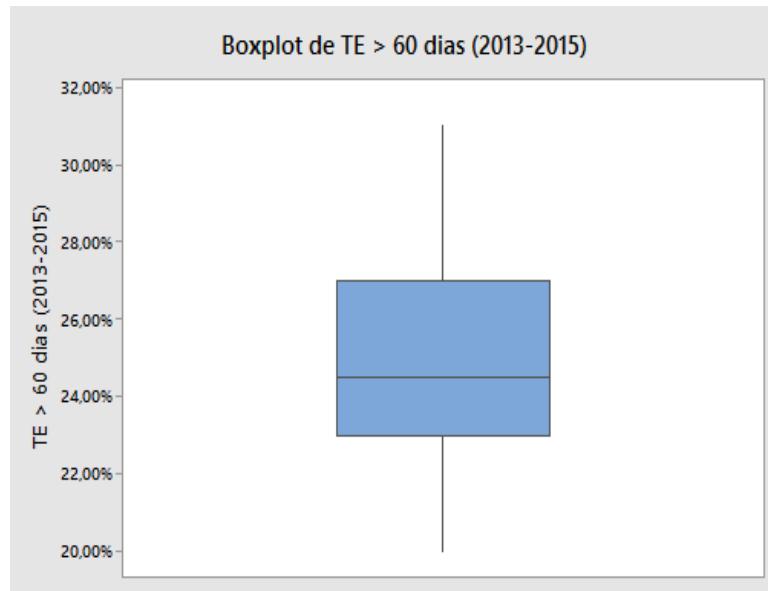
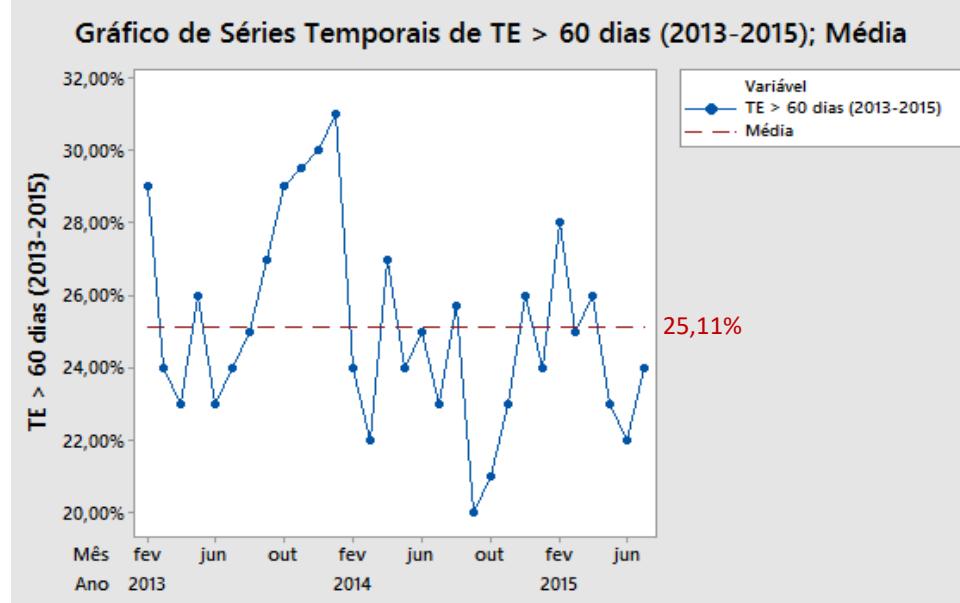


O gráfico ao lado mostra o impacto que as motos com TE maior que 60 dias tem no total de estoque de motos em estoque. A base histórica utilizada é referente ao período de Fevereiro de 2013 a Julho de 2016. Logo, podemos observar que o TE representou **22,46%** do total do estoque.

❖ Projeto Redução do Tempo de Motos em Estoque



D.3 - Histórico



Variável	Média	Desv. Pad	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
% TE	25,11%	2,7%	20,1%	23%	24,5%	27,1%	31,2%

❖ *Projeto Redução do Tempo de Motos em Estoque*



D.4 – Qual é a meta do projeto?

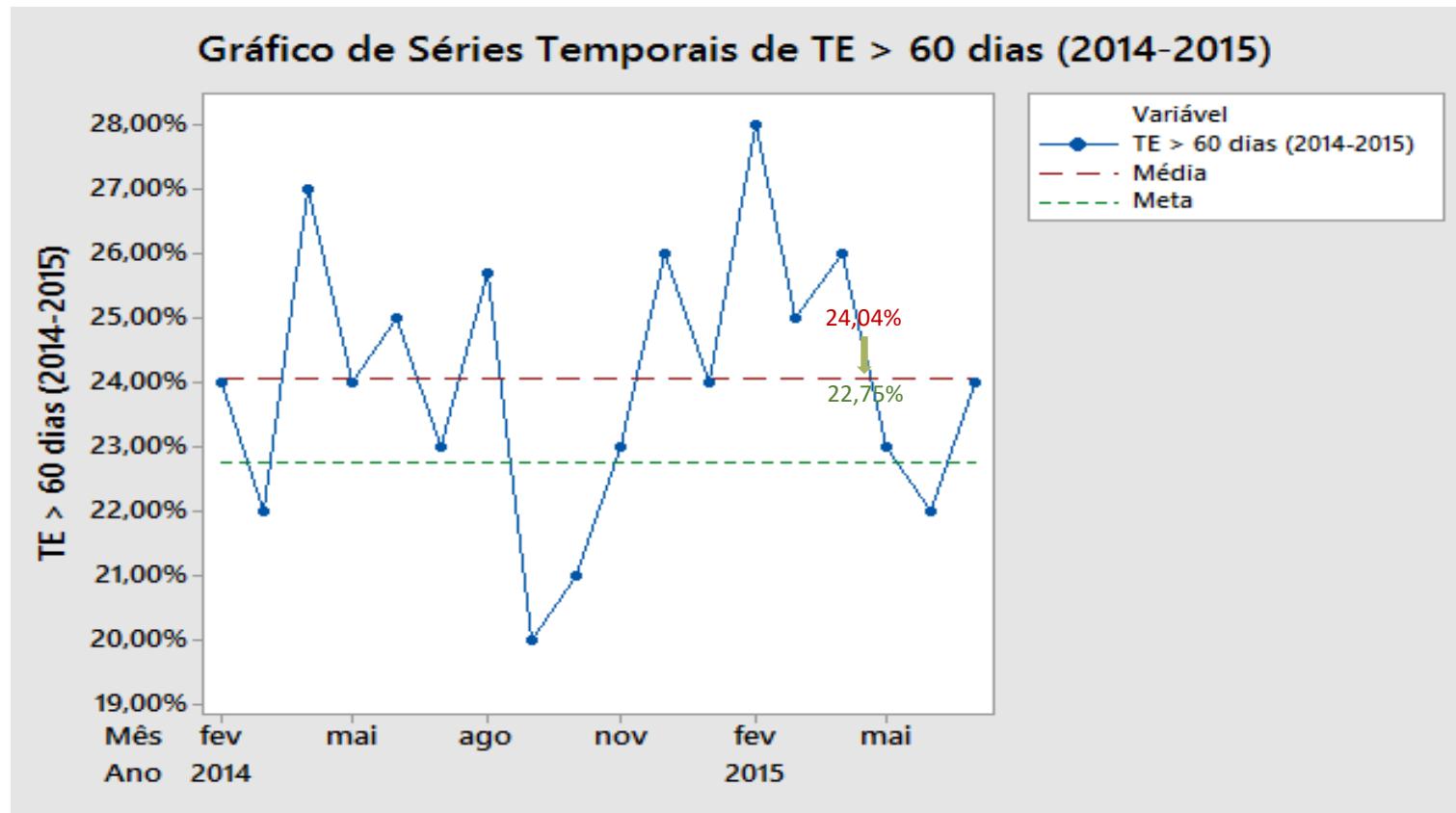
Para a definição da meta, foi considerado o período da carta de controle gerada para fev/14 – jul/15, uma vez que o processo está estatisticamente controlado.

Meta: Reduzir o índice de motos em estoque acima de 60 dias de 24,04% para 22,75% até Dez/15.

❖ Projeto Redução do Tempo de Motos em Estoque



D.5 – Qual é a meta do projeto?



❖ Projeto Redução do Tempo de Motos em Estoque



Fornecedores Suppliers	Insumos Inputs	PROCESSO Process	Produtos Outputs	Consumidores Customers
Vendedor	Moto Check-list de Recebimento	Levar a Moto na loja	Moto entregue	Rodamotos
Rodamotos	Tablet Supervisor de Qualidade	Avaliar a moto	Moto recebida ou recusada, ou moto recebida com necessidade de manutenção	Rodamotos
Gerente da Loja	Define local de exposição da moto no estoque. Vendedor/Lavador	Expor a moto na loja	Moto disponível para avaliação do cliente	Consumidor Final/Revendedor
Rodamotos Área de Precificação Loja regional Bancos para financiamento	Negociação de troca Taxas de Financiamento Negociação de descontos Tabela de preços Aprovação de desconto	Negociação com o Cliente	Negociação concluída com o Cliente (troca,desconto, forma de pagamento)	Rodamotos Cliente
Departamento Jurídico Gerência de vendas	Negociação definida com o cliente Informações do cliente Informações da moto Contrato de Compra e Venda	Início do preenchimento do contrato de compra e venda	Contrato aberto no sistema	Setor administrativo da Loja Rodamotos Cliente
Rodamotos Sistema de vendas	Sistema Rodamotos Moto vendida	Altera o status da moto para vendida	Moto vendida	Cliente Rodamotos

❖ *Projeto Redução do Tempo de Motos em Estoque*



D.6 – Quais serão os ganhos potenciais do projeto?

Ganho Previsto (baseline 2014 a 2015)

Total de perda com TE	R\$ 10.578.835,61
Total de Motos com TE > 60	12.158
Perda por moto	R\$ 870
Meta de redução de TE	22,75%
Meta Prevista Estoque TE	-435
Ganho Previsto	R\$ 378.444,20

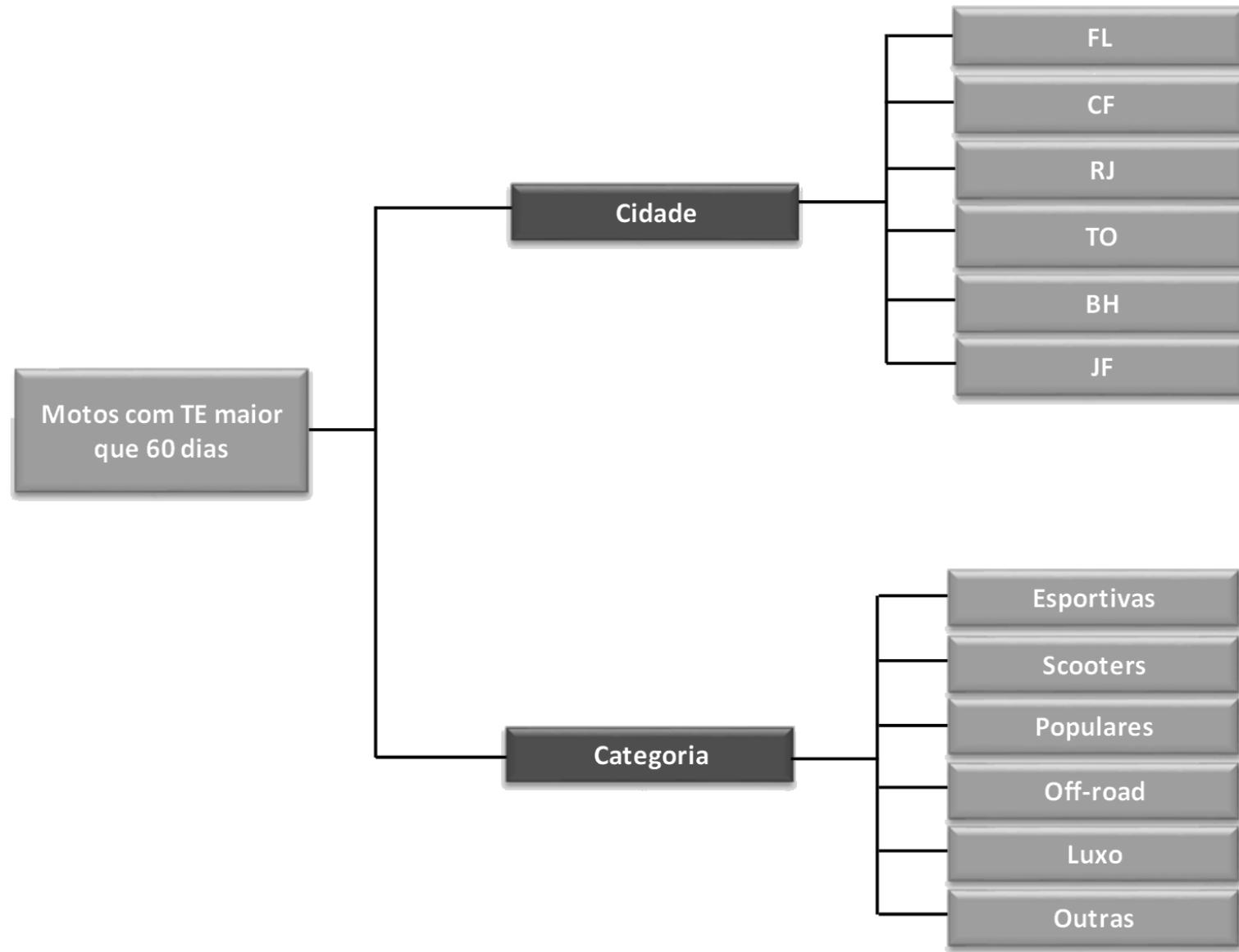
❖ *Projeto Redução do Tempo de Motos em Estoque*



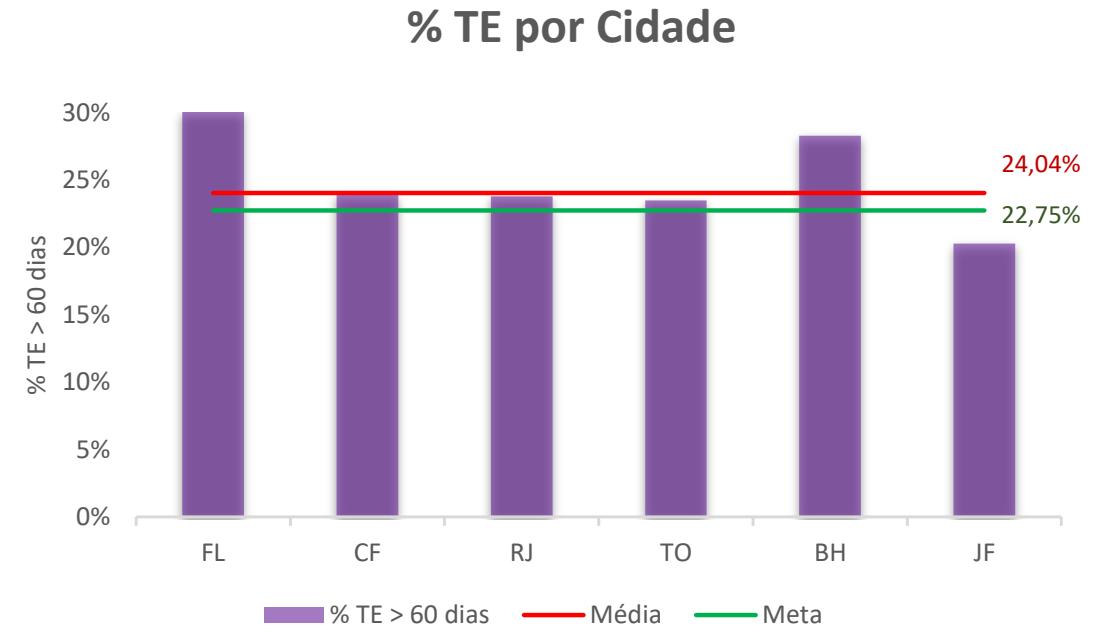
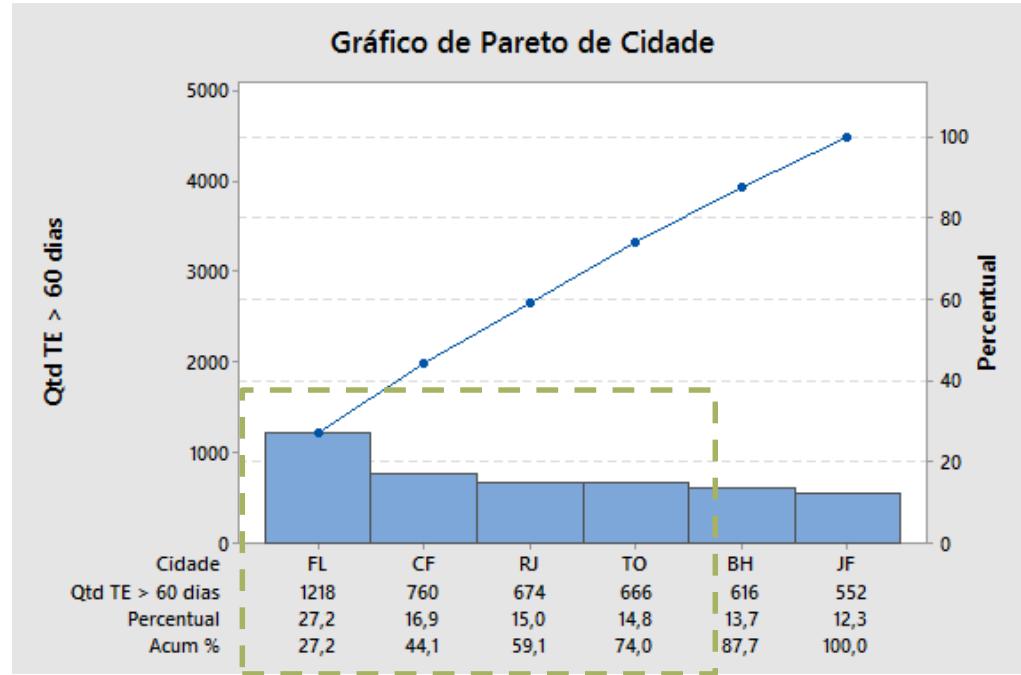
M.1 – Planejamento da Estratificação do Problema

Com o intuito facilitar a análise dos dados e encontrar os principais focos de atuação do projeto, o problema pode ser estratificado pelas principais cidades de atuação e categoria da moto.

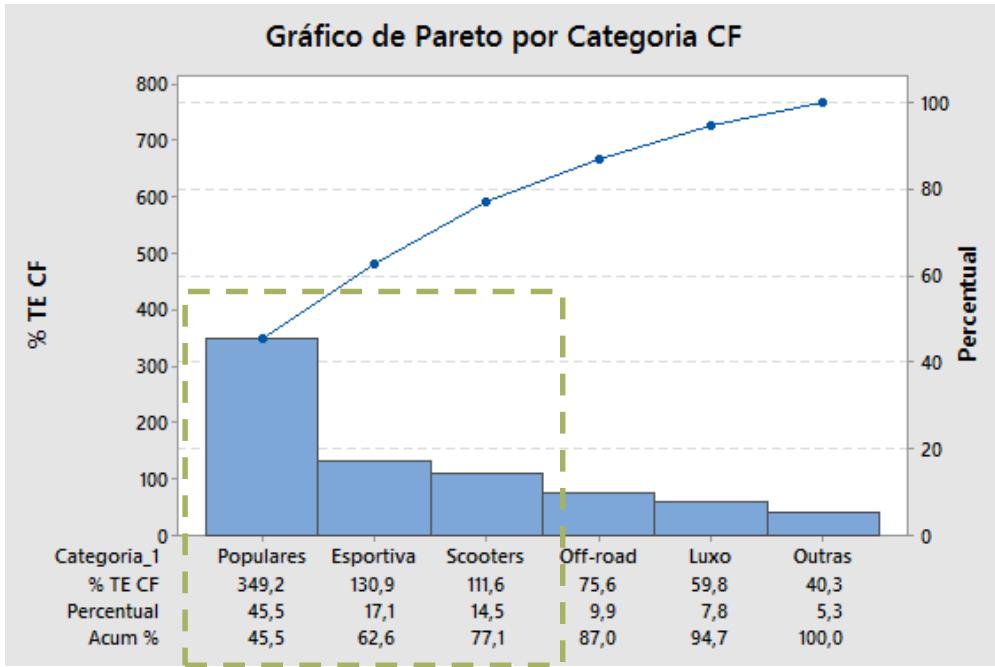
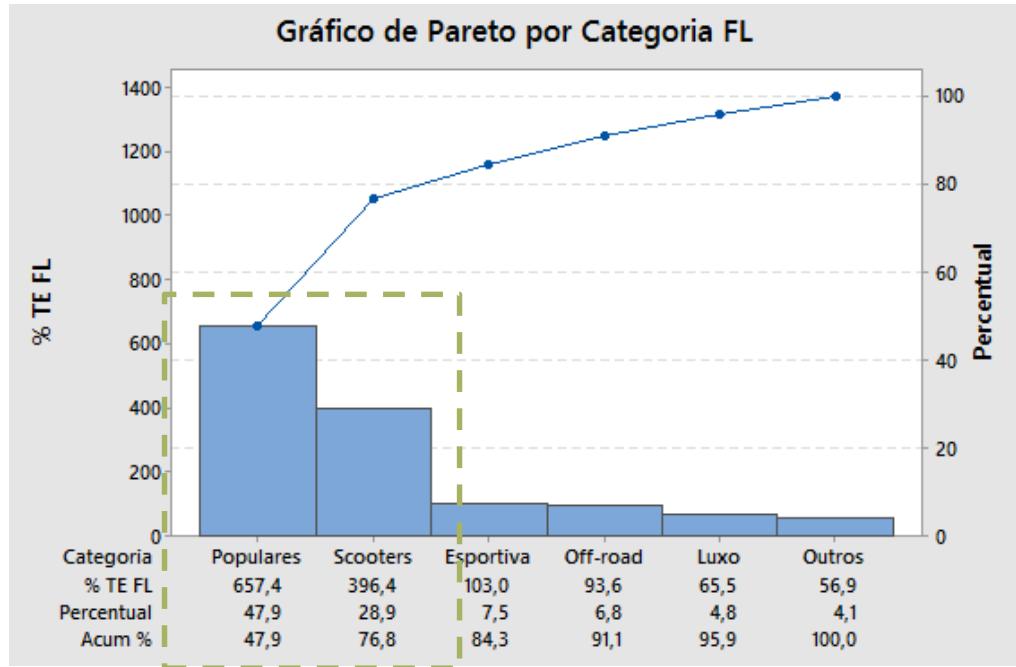
❖ Projeto Redução do Tempo de Motos em Estoque



❖ Projeto Redução do Tempo de Motos em Estoque



❖ Projeto Redução do Tempo de Motos em Estoque



❖ *Projeto Redução do Tempo de Motos em Estoque*



M.3 – Desenvolvimento da Estratificação

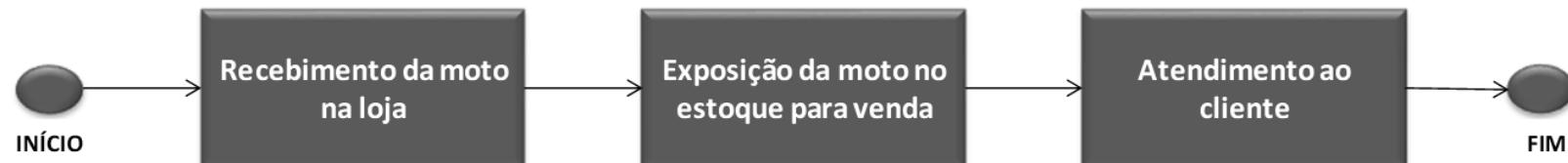
A partir da análise gráfica, pode-se concluir que as cidades: FL, CF , RJ e TO, e as motos das categorias: Popular, Scooter e Esportiva foram os focos do projeto. Uma vez que eles são responsáveis por cerca de 80% das motos com tempo de estoque.

❖ Projeto Redução do Tempo de Motos em Estoque



A.1 – Mapa do Processo

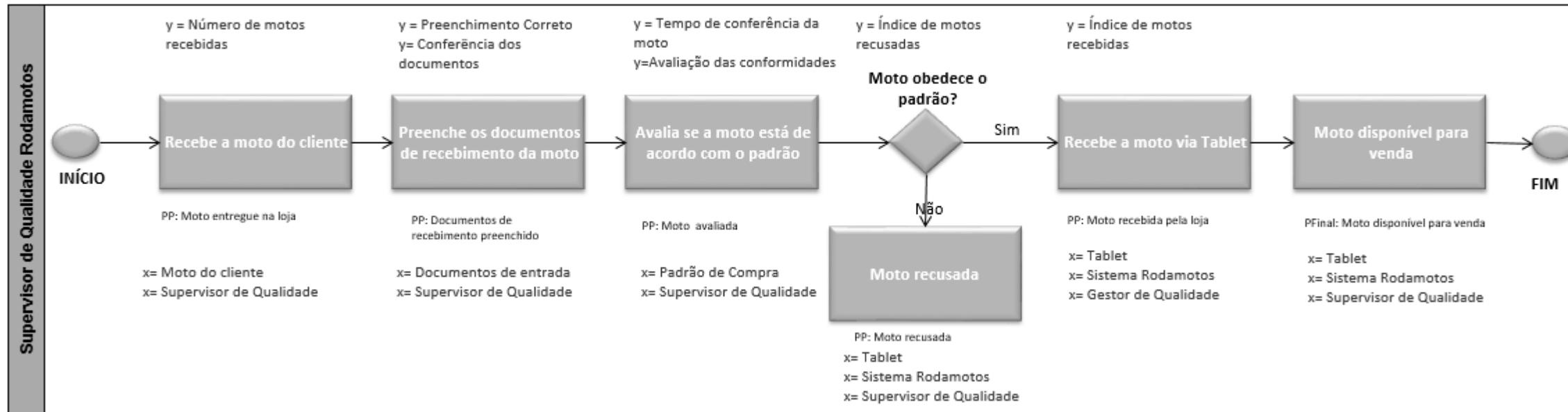
Abaixo temos o mapeamento macro do processo. No desenvolvimento do projeto, foi realizado o mapeamento detalhado de cada uma das etapas abaixo. O próximo slide apresenta o mapeamento de um desses processos.



❖ Projeto Redução do Tempo de Motos em Estoque



PROCESSO DE RECEBIMENTO DAS MOTOS



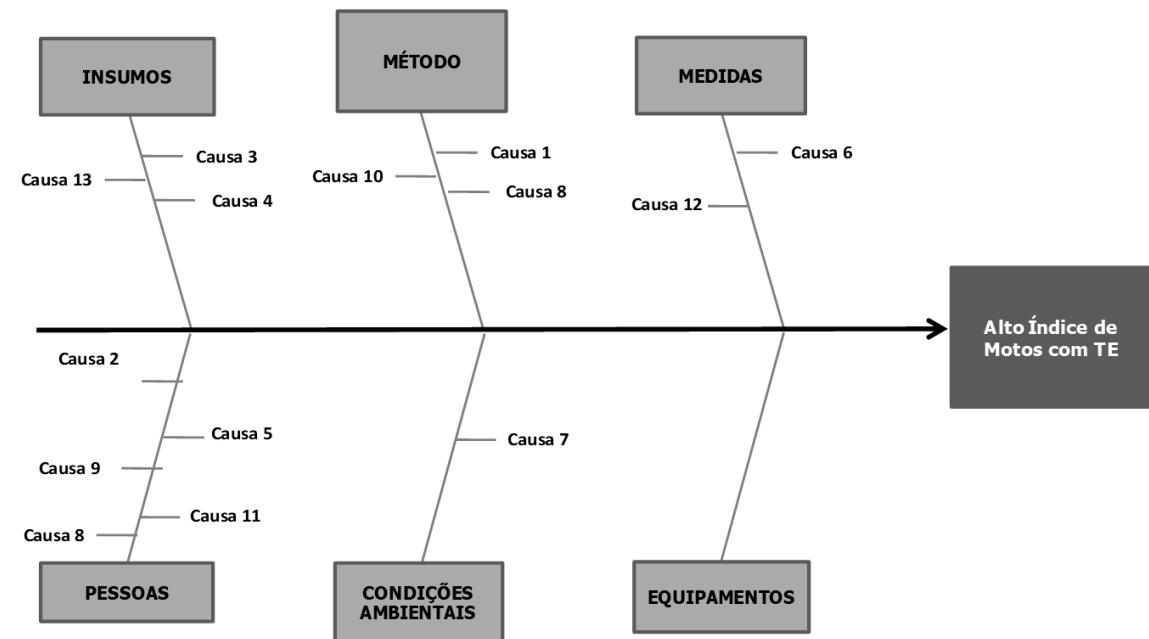
❖ *Projeto Redução do Tempo de Motos em Estoque*



A.2 – Potenciais causas que impactam no processo

A partir da realização de um Brainstorming com a Equipe do Projeto e Gerentes das Lojas, é possível identificar e priorizar as potenciais causas que levam as motos a terem um TE acima de 60 dias.

Causas Identificadas:		Efeito
1	Muitas compras de um só modelo	Alto índice de motos com tempo em estoque > 60 dias
2	Falha do vendedor em perceber um defeito na moto e não envia-lo para manutenção	
3	Lojas com pequena cartela de Clientes	
4	Alto índice de compra de motos com baixa rotação no mercado	
5	Layout inadequado. Não expõe bem as motos com baixa rotatividade	
6	Motos em regularização não estão disponíveis para venda	
7	Pressa na aquisição de novas motos quando o estoque está baixo	
8	Descumprimento do padrão de compra no momento de recebimento da moto	
9	Estoque mal distribuído entre as cidades	
10	Não existe preocupação prévia com as motos que estão chegando aos 60 dias.	
11	Falha da gerência pela falta de orientação aos vendedores em incentivar a venda de motos que tendem a chegar aos 60 dias em estoque	
12	Falta de coerência na precificação das motos de acordo com o valor de mercado, ou com a rotatividade das motos no estoque	
13	Motos muito rodadas	



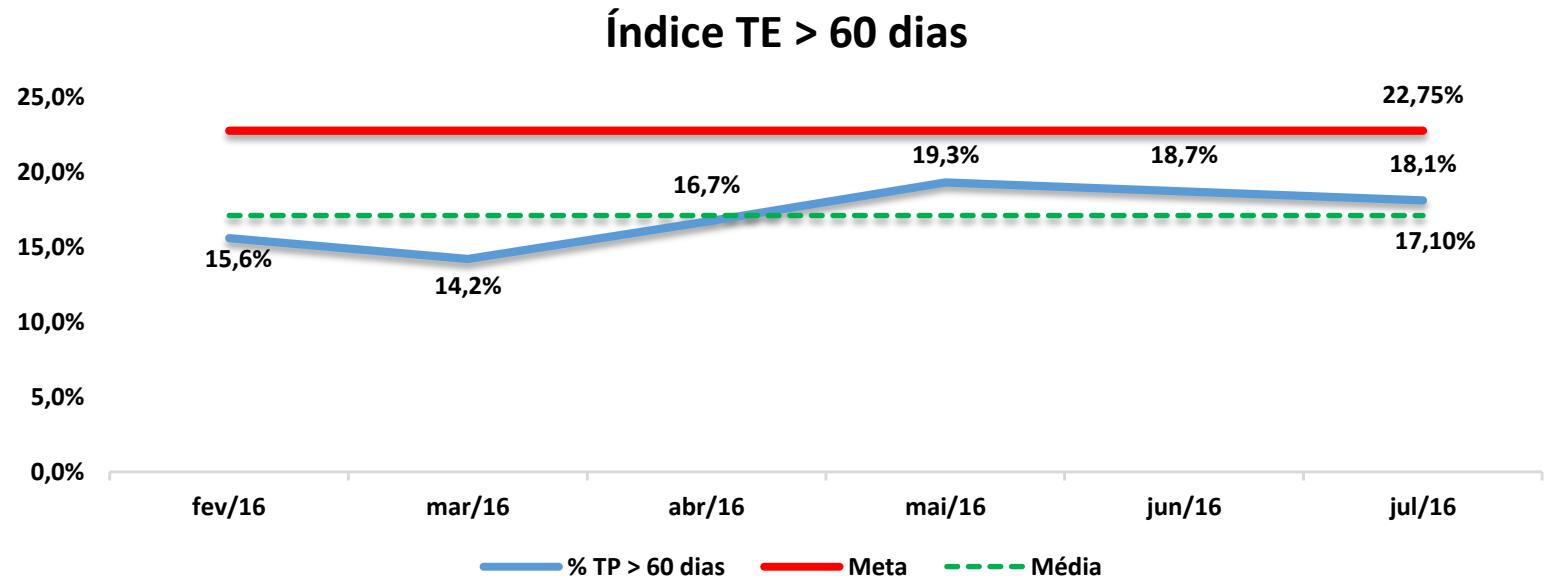
❖ ***Projeto Redução do Tempo de Motos em Estoque***

Soluções a serem implementadas
Otimizar a distribuição das motos de forma que exista um maior mix de motos disponíveis para venda. Aumentar a movimentação de motos entre as lojas.
Desburocratizar o processo para solução de problemas de motos que apresentem alguma tipo de defeito. Existe certo receito do consultor assumir o próprio erro.
Criar um sistema de comunicação através do Tablet para que o vendedor comunique ao consultor de qualidade possíveis problemas de manutenção.
Modificar o processo de regularização das motos na loja, de forma que as motos que tiveram a venda cancelada voltem para seus status de disponível para venda com o tempo de estoque zerado.
Desenvolver um relatório para distribuir entre as lojas informações de revendedores e compradores.
Desenvolver um processo de verificação de problemas com as motos que apresentem tempo de pátio maior que 60 dias.
Realizar acompanhamento do estoque das lojas, de forma a verificar se a rotatividade do estoque está de acordo com o planejando.

❖ Projeto Redução do Tempo de Motos em Estoque



C.1 – A meta foi alcançada?



❖ ***Projeto Redução do Tempo de Motos em Estoque***



C.2 – Qual foi o retorno financeiro?

O indicador apontou uma redução de 28,87% na redução do TE, ou seja, antes o índice era de 24,04% e foi reduzida para 17,10%.

Com isso, o ganho financeiro no período analisado foi de aproximadamente 800 mil reais, para um mesmo volume considerado no baseline (2014 a 2015).

grupovoitto

Green Belt em Lean Seis Sigma