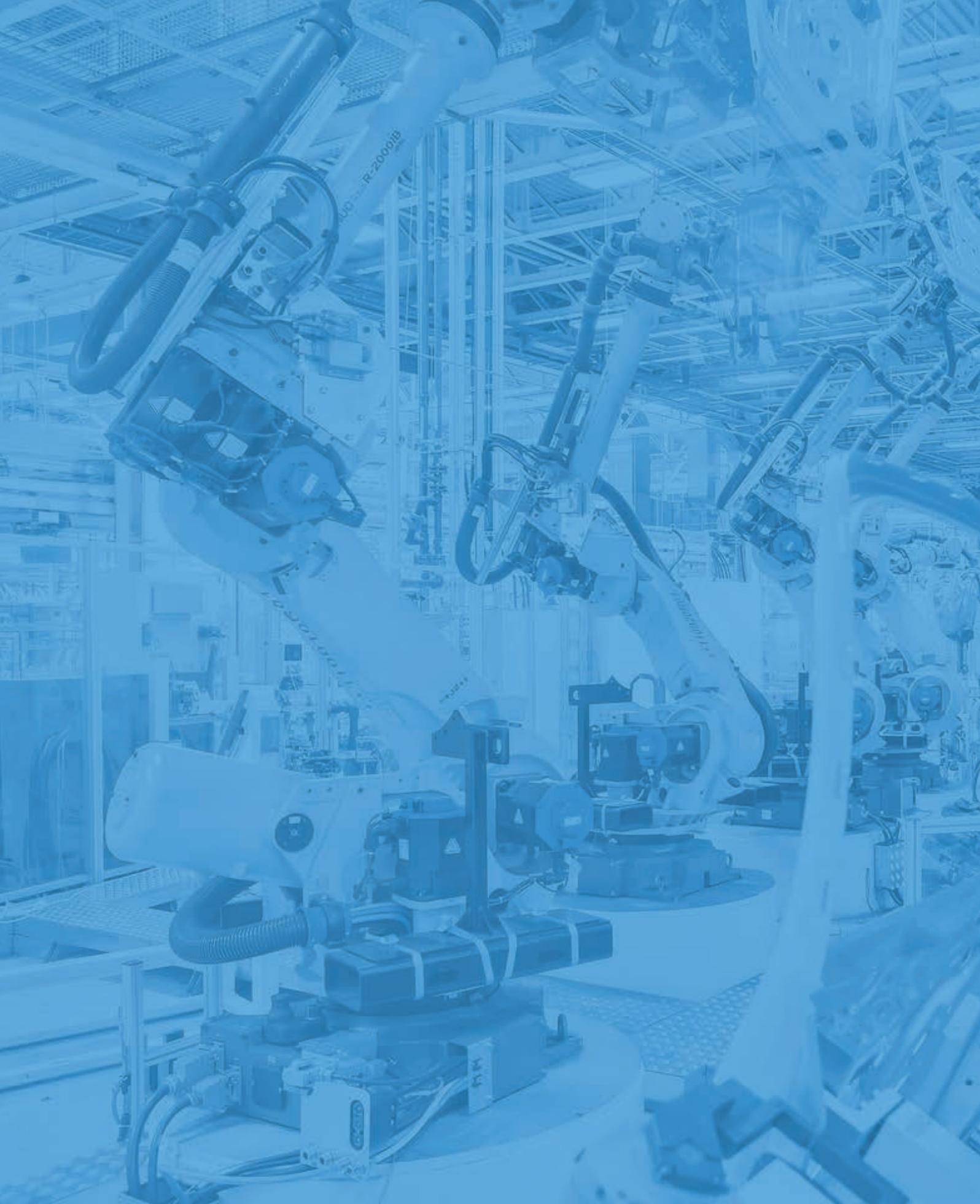


Guia de Boas Práticas

para a melhoria
da produtividade
na indústria





REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Presidente

Jair Bolsonaro

MINISTÉRIO DA ECONOMIA

Ministro

Paulo Roberto Nunes Guedes

**Secretaria Especial de Produtividade, Emprego
e Competitividade**

Secretário Especial

Carlos Alexandre Jorge Da Costa

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL - ABDI

Presidente

Igor Nogueira Calvet

Diretor

Carlos Geraldo Santana

**Gerente de Desenvolvimento Produtivo e
Tecnológico**

Cynthia Araújo Nascimento Mattos

Gerente de Planejamento e Inteligência

Jackson de Toni

Coordenador de Planejamento e Inteligência

Rogério Dias de Araújo

**Coordenadora de Produtividade e
Competitividade**

Júnia Casadei Lima Motta

Equipe Técnica

Karen Cristina Leal da Silva Ilogti

Oswaldo Spindola da Silva

Mirorlândia Uchôa Pinho

Ana Sofia Brito Peixoto



Introdução ao Guia de Boas Práticas



Antes de apresentar as ferramentas e metodologias consideradas boas práticas e o seu uso, é importante definir sistemas de produção, inclusive para compreender melhor a metodologia adotada. Se a administração da produção tem por objetivo gerenciar recursos que criam e entregam produtos e serviços, é necessário que exista um sistema que coordene todas os processos, pessoas e tecnologias que são empregadas no caminho da transformação de *inputs* em *outputs* entregáveis. A este conjunto de ferramentas, este Guia reconhece como um “sistema de produção”.

Ao longo da história, diversos sistemas de produção foram empregados na organização do uso dos recursos para melhor entregar produtos à sociedade. De uma forma geral, pode-se afirmar que antes da primeira revolução industrial o sistema de produção era artesanal, com um domínio completo de todas as fases da produção pelo artífice, mestres de ofício, que realizavam a organização das pessoas, processos e ferramentas (tecnologia) em sua própria residência e se associavam a corporações de ofícios.

Após a primeira revolução industrial, o nascente acúmulo de capital resultante do processo de melhoria da produtividade levou ao surgimento de corporações capazes de reorganizar os processos e a força de trabalho para melhor aproveitar a tecnologia da máquina a vapor introduzida na linha de produção, e à necessidade de se planejar melhores processos produtivos para redução de custos e aumento de produção.

A segunda revolução industrial agregou a este sistema um maior nível de complexidade ao trazer para as linhas de produção a transmissão de energia elétrica a longas distâncias e a possibilidade de toda uma nova gama de equipamentos e produtos baseados em artigos químicos, motor à explosão e aço. Com esta nova revolução, as indústrias começaram a ser

equipadas com maquinaria automática e se inicia o período de automação industrial, que reconfigura o uso das pessoas, dos processos e das tecnologias dentro do chão de fábrica.

No final da década de 1960, a automação industrial atinge níveis globais e tem-se o início de uma nova era de revolução industrial, a terceira revolução. Segundo a Agenda Brasileira para a Indústria 4.0¹, “com o advento da tecnologia de informação foi possível iniciar a terceira revolução industrial em que a informatização (computadores *mainframe*, computadores pessoais e a internet) entram na fábrica para automatizar tarefas mecânicas e repetitivas. Isso começa a ocorrer a partir no século passado, a partir dos anos 70, existindo até hoje”.

A partir do início da década de 2010, o desenvolvimento de sistemas denominados “ciber-físicos” inaugurou a quarta revolução industrial. Este sistema de produção se caracteriza pela fusão do mundo físico com o digital e com ferramentas de biologia sintética. A quarta revolução industrial traz ao processo produtivo o uso de inteligência artificial, conectando máquinas a pessoas através da Internet das Coisas (IoT) e, utilizando sistemas ciber-físicos e manufatura aditiva em 3D, revolucionam a forma de se produzir, como também os produtos produzidos.

É NECESSÁRIO QUE EXISTA UM SISTEMA QUE COORDENE TODOS OS PROCESSOS, PESSOAS E TECNOLOGIAS QUE SÃO EMPREGADAS NO CAMINHO DA TRANSFORMAÇÃO DE *INPUTS* EM *OUTPUTS* ENTREGÁVEIS. A ESTE CONJUNTO DE FERRAMENTAS, ESTE GUIA RECONHECE COMO UM “SISTEMA DE PRODUÇÃO”

1. <http://www.industria40.gov.br/>

A bibliografia sobre o tema associa a cada uma destas revoluções um sistema de produção característico. Enquanto na primeira revolução industrial o sistema de produção prevalecente foi o artesanal, a segunda revolução industrial foi marcada por um sistema de produção em massa, com uso de ferramentas para aumentar a produtividade e reduzir o custo unitário dos produtos fabricados. A terceira revolução industrial é associada à flexibilização da linha de produção, pois a introdução de equipamentos automatizados permite a maior diversificação de produtos com custos controlados.

Por fim, a quarta revolução industrial, ainda em curso, tem como principal característica a customização em massa, a flexibilização completa da produção com custos reduzidos, levando a produção para a era digital, dentro de uma abordagem de produção *e-business*. Neste contexto, as indústrias precisam não apenas se adaptar aos novos mecanismos de produção, como também à nova economia digital, adotando modelos de produção baseados em redes mediadas por computadores e procedimentos de *e-commerce* e transferência virtual de riquezas (pagamentos e bens físicos circulando em meios digitais).

Considerando que o sistema de produção artesanal, nos dias atuais, não representa mais a realidade do setor industrial, e que a quarta revolução industrial ainda está em curso e com desafios à migração das indústrias

para esse modelo, este Guia deverá trabalhar boas práticas que ajudem as indústrias, independentemente do sistema de produção, a melhorarem sua produtividade.

Desta forma, este Guia tem a importante missão de auxiliar as empresas a realizarem a travessia de seus sistemas de produção atuais para processos de produção mais alinhados à economia digital e à quarta revolução industrial, apresentando importantes ferramentas para a melhoria da linha de produção com a possibilidade de implementação de soluções baseadas em *e-business* e preparadas para atuar com o *e-commerce*.

Atender o cliente a qualquer hora, em qualquer local, por qualquer canal de venda, requer procedimentos de produção flexível e ajustado. Receber críticas e avaliações em redes sociais expõe o negócio a um nível de visibilidade que antes não existia. Responder aos desafios do mundo na velocidade da internet requer muita disciplina na linha de produção e um exaustivo trabalho de melhoria contínua.

A economia digital derruba os muros das empresas, amplia a concorrência para todo o mundo e coloca frente a frente produtor e consumidor, e apenas aqueles que estiverem com suas operações balanceadas e preparadas para lidar com este novo contexto terão êxito na missão de produzir e entregar produtos com a qualidade exigida pelo consumidor da era digital.



Glossário*



1

PRÁTICA 1 PG 18

A3

Prática pioneira da Toyota na qual o problema, a análise, as ações corretivas e o plano de ação são escritos em uma única folha de papel (tamanho A3), normalmente utilizando-se gráficos e figuras. Na Toyota, os relatórios A3 evoluíram até se tornarem um método padrão para resolução de problemas, relatório de status e exercícios de planejamento, como o mapeamento do fluxo de valor. A3 é o termo internacional para uma folha de papel com 297 milímetros de largura e 420 milímetros de comprimento.

3

PRÁTICA 3 PG 26

À Prova de Erros

(*Poka-Yoke*)

Métodos que ajudam os operadores a evitarem erros em seu trabalho, tais como escolha de peça errada, montagem incorreta de uma peça, esquecimento de um componente etc.

4

PRÁTICA 4 PG 30

Balanceamento do Operador - Gráfico

Ferramenta gráfica que ajuda na criação do fluxo contínuo em um processo com múltiplas etapas e múltiplos operadores, distribuindo os elementos de trabalho do operador em relação ao tempo takt. Também conhecido como diagrama de carga do operador ou quadro yamazumi.

2

PRÁTICA 2 PG 22

Andon

(Gestão à vista)

Ferramenta de gestão visual que mostra o estado das operações em uma área em um único local e avisa quando ocorre algo anormal.

* As definições conceituais foram utilizadas em acordo com o Instituto Lean, que já possui um dicionário de verbetes de práticas, indicadores e métodos relacionados à produção enxuta.



PRÁTICA 5 PG 34

Chaku-chaku

Método de condução do fluxo de uma só peça em uma célula em que as máquinas descarregam as peças automaticamente, de modo que o operador (ou operadores) possam levar uma peça diretamente de uma máquina à outra, sem parar para descarregar, economizando assim tempo e movimentos.



PRÁTICA 6 PG 38

Cinco Porquês

Prática de se perguntar “por quê?” repetidamente sempre que se encontrar um problema, a fim de ir além dos sintomas óbvios, descobrindo assim a causa raiz.



PRÁTICA 7 PG 42

Cinco S

Cinco termos relacionados, começando com a letra S, que descrevem práticas para o ambiente de trabalho, úteis para a gestão visual e para a produção *lean*. Os cinco termos em japonês são: *Seiri*: separar os itens necessários dos desnecessários - ferramentas, peças, materiais, documentos -, descartando estes últimos.

Seiton: organizar o que sobrou, definindo um lugar para cada coisa e colocando cada coisa em seu lugar.

Seiso: limpeza.

Seiketsu: padronização resultante do bom desempenho nos três primeiros S.

Shitsuke: disciplina para manter em andamento os quatro primeiros S.



PRÁTICA 8 PG 46

Código de Barras

Ferramenta de controle de estoque utilizada para padronizar processos e para garantir um gerenciamento mais eficiente da cadeia de suprimentos.

PRÁTICA 9 PG 48

Crossdocking

Instalação que seleciona e (re)combina uma variedade de itens advindos de diversos fornecedores para que sejam enviados aos vários clientes, tais como plantas montadoras, distribuidores ou revendedores.

PRÁTICA 10 PG 52

Curvas de Trade-off

Descreve os limites de atuação que são possíveis com uma determinada abordagem de projeto de uma forma simples e visual.

PRÁTICA 11 PG 56

Ciclo LAMDA

O ciclo básico de aprendizagem de desenvolvimento *lean* de produto e processo que inclui cinco classes de atividades de desenvolvimento: ver, perguntar, modelar, discutir e agir.



12

PRÁTICA 12 PG 58

Curva ABC

Método de gestão baseado em três aspectos fundamentais para estabelecer a importância da manutenção de cada produto no estoque. São eles: o giro, o faturamento e a lucratividade. Assim, os produtos classificados como do tipo A são aqueles que possuem giro razoável, mas geram alta lucratividade e faturamento, sendo muito importante garantir níveis adequados desses itens no estoque. Os produtos do tipo B são aqueles que devem corresponder à maior parte do estoque, pois possuem um giro alto, contribuindo para o aumento do faturamento, mas sem alcançar lucros tão altos quanto os produtos tipo A. Por fim, os produtos do tipo C possuem pouca saída e representam uma fatia pequena do faturamento mensal, alcançando lucros restritos. Eles devem ser mantidos em pequenas quantidades no estoque, apenas para garantir o atendimento de eventuais demandas.

13

PRÁTICA 13 PG 62

Diagrama Espaguete

Diagrama do caminho percorrido por um produto na medida em que ele é movimentado ao longo de um fluxo de valor. É assim chamado pois, na produção em massa, a rota dos produtos comumente se parece com um prato de espaguete.

14

PRÁTICA 14 PG 66

Heijunka

Nivelamento do tipo e da quantidade de produção durante um período fixo de tempo. Isso permite que a produção atenda eficientemente às exigências do cliente, ao mesmo tempo em que evita excesso de estoque, reduz custos, mão-de-obra e *lead time* de produção em todo o fluxo de valor.



15

PRÁTICA 15 PG 70

Kaizen

Melhoria contínua de um fluxo completo de valor ou de um processo individual, a fim de se criar mais valor com menos desperdício. O kaizen é uma filosofia que pode ser aplicada a produtos, processos e equipamentos para eliminar desperdícios.

17

PRÁTICA 17 PG 76

Manutenção Preventiva Total

Uma série de técnicas empregadas pioneiramente pela Denso (Grupo Toyota), no Japão, para garantir que todas as máquinas do processo de produção estivessem sempre aptas a realizar suas tarefas.

16

PRÁTICA 16 PG 72

Kanban

O kanban é um dispositivo sinalizador que autoriza e dá instruções para a produção ou para a retirada de itens em um sistema puxado. O termo significa “sinais” ou “quadro de sinais”, em japonês.

18

PRÁTICA 18 PG 80

Mapeamento do Fluxo de Valor

Diagrama simples de todas as etapas envolvidas nos fluxos de material e informação, necessárias para atender os clientes, desde o pedido à entrega.



19

PRÁTICA 19 PG 86

Métodos Preditivos de Vendas

Realização de previsões e projeções de vendas para ajudar no ajuste da linha de produção no tempo, reduzindo os picos de produção e nivelando o ciclo de ordem de produção. Estes modelos tentam prever ou antecipar as vendas futuras, baseando-se em informações coletadas no mercado, nos clientes e nas experiências passadas.

21

PRÁTICA 21 PG 94

Matriz ou Modelo de Kraljic

Utilizada na gestão de compras e fornecedores, como uma prática que organiza os itens que precisam ser adquiridos para o processo produtivo em: itens estratégicos, itens de alavancagem, itens de gargalo e itens não críticos.

20

PRÁTICA 20 PG 92

Material Requirement Planning (MRP)

O planejamento das necessidades de material é uma metodologia utilizada para ajustar a cadeia de suprimentos da organização, mantendo níveis de estoques de matéria-prima suficientes para manter as ordens de produção em andamento.

22

PRÁTICA 22 PG 98

Milk Run

Um método de acelerar o fluxo de materiais entre plantas, no qual os veículos seguem uma rota para fazer múltiplas cargas e entregas em muitas plantas.



23

PRÁTICA 23 PG 102

PDCA

Ciclo de melhoria baseado no método científico de se propor uma mudança em um processo, implementar essa mudança, analisar os resultados e tomar as providências cabíveis. Também conhecido como Ciclo de Deming ou Roda de Deming, pois quem introduziu o conceito no Japão nos anos 50 foi W. Edwards Deming.

25

PRÁTICA 25 PG 108

Processo de Preparação da Produção

Método disciplinado de projetar um processo de produção lean para um novo produto ou para reprojeter radicalmente o processo de produção de um produto já existente quando o produto ou a demanda mudam substancialmente. Pode também ser chamado de Desenvolvimento de Processos Lean.

24

PRÁTICA 24 PG 106

Primeiro que Entra, Primeiro que Sai (PEPS)

Princípio e prática de manter precisão na produção e na sequência de movimentação de materiais, garantindo que a primeira peça a entrar em um processo ou local de armazenamento também seja a primeira peça a sair. Isso assegura que as peças armazenadas não se tornem obsoletas e que problemas de qualidade não sejam ocultados pelo estoque. O PEPS é uma condição necessária para a implementação do sistema puxado.

26

PRÁTICA 26 PG 110

Produção Just-in-Time

Sistema de produção que produz e entrega apenas o necessário, quando necessário e na quantidade necessária. O JIT e o Jidoka são os dois pilares do Sistema Toyota de Produção. O JIT baseia-se no heijunka e é formado por três elementos operacionais: o sistema puxado, o tempo takt e o fluxo contínuo.



27

PRÁTICA 27 PG 112

Redução de Setup

Processo de redução do tempo necessário para a troca de modelo de um processo, da última peça do produto anterior até a primeira peça boa do produto seguinte.

29

PRÁTICA 29 PG 118

Sete Desperdícios

Categorização proposta por Taiichi Ohno dos sete principais desperdícios, comumente encontrados na produção em massa: produção em excesso, espera, transporte, processamento, estoque, movimentação, correção.

28

PRÁTICA 28 PG 116

Rastreabilidade

É a capacidade de ser identificada, rastreada, informações sobre a produção do item a partir de um código, numeração ou qualquer outra ferramenta que permita traçar o caminho percorrido por este item desde a aquisição da matéria-prima até sua distribuição ao cliente final.

30

PRÁTICA 30 PG 120

Tempo Takt

Tempo disponível para a produção dividido pela demanda do cliente. Por exemplo, se uma fábrica opera 480 minutos por dia, e a demanda do cliente é de 240 unidades diárias, o tempo takt é de dois minutos. Do mesmo modo, se os clientes desejam dois novos produtos por mês, o tempo takt é de duas semanas. O objetivo do tempo takt é alinhar a produção à demanda, com precisão, fornecendo um ritmo ao sistema de produção. É a batida do coração de um sistema lean.

Como funciona?

Apesar de poder apresentar configurações diferentes, customizadas pelo uso nas diversas empresas, a ideia central da metodologia A3 é a construção de um guia, em uma folha de tamanho A3, contendo basicamente as seguintes informações:

DESCRIÇÃO DO PROBLEMA - Esta primeira seção do documento serve como balizador para contextualizar qual o problema detectado e de que forma ele afeta a empresa. Esta seção, em alguns casos de aplicação da metodologia A3, pode ser composta de dois itens: (i) Título/Tema, que apresenta de forma objetiva o problema a ser enfrentado; e (ii) Descrição da condição atual, em que o autor do A3 desenvolve um diagrama para apresentar como o problema é produzido atualmente e contextualiza (de preferência de forma gráfica ou numérica) que efeitos este problema tem gerado no processo produtivo da empresa. Nesta etapa da construção do A3 é fundamental que o autor percorra a empresa realizando observações diretas e conversando com pessoas dos diversos setores que tenham relação com o problema identificado, de forma a basear suas informações e conclusões em dados concretos e situações reais, ao invés de utilizar a ferramenta para desenvolver teorias e hipóteses.

ANÁLISE DA RAIZ DO PROBLEMA - Esta segunda seção do documento deve apresentar uma análise mais aprofundada do problema em si, a partir das informações levantadas na etapa anterior, quando da contextualização do problema. Neste momento, a equipe responsável pelo A3 deverá construir um diagrama de causa-efeito, ou evidenciar a raiz do problema com alguma outra metodologia, e compreender toda a extensão do problema, sabendo exatamente qual o problema central

e quais os efeitos. Uma boa técnica para identificação do problema real é aplicar a metodologia dos “cinco porquês”¹, de forma a chegar na raiz do problema. Para contextualizar a situação atual é importante que sejam apresentados no A3 os dados de datas e fatos ocorridos, concentrando esforços em encontrar os problemas e não os “culpados”.

META (SITUAÇÃO DESEJADA) - Também chamada de “condição alvo”, a situação desejada deve ser apresentada como proposição de solução ao problema identificado. No Sistema Toyota de Produção, esta meta é identificada como “contramedida” por representar uma proposição para “enfrentar” o problema, mas mantém em aberto para a reavaliação tempestiva e adoção de uma nova contramedida posteriormente, ou seja, se evita denominar “solução” pelo caráter definitivo que esse termo carrega, enquanto que ao chamar de “contramedida” se admite que esta é a medida que será adotada no momento até que se resolva o problema ou se encontre uma outra contramedida mais eficaz.

PLANO DE AÇÃO - Esta seção do documento deverá apresentar a proposta de plano de implementação da contramedida sugerida, de forma detalhada, constando de atividades e responsáveis, além de prazos e recursos necessários. Uma dica é utilizar nesta seção a metodologia de 5W2H² (*what, why, where, who, when, how, how much*) para estruturar um plano de ação robusto e simples de monitorar.

PLANO DE MONITORAMENTO - Esta seção final do documento A3 apresenta de que forma serão acompanhadas as ações propostas para implementação da contramedida sugerida e como será realizada a medição de sua eficácia. Neste sentido, esta seção também pode ser composta de dois itens: (i) Monitoramento

1. Para mais informações sobre esta metodologia, procurar neste Guia “Metodologia dos Cinco Porquês”.

2. Para mais informações sobre esta metodologia, procurar neste Guia “Metodologia 5W2H”.

(*follow-up*), definindo as ações que serão realizadas para acompanhar a implementação do plano de ação, tais como reuniões, levantamento de dados para comparação, discussões de grupos temáticos ou outras medidas adotadas, e (ii) indicadores e relatórios de resultados, apresentando de que forma a empresa deverá avaliar se a situação pós implementação da contramedida sugerida está melhor do que a situação inicial e se o problema foi efetivamente resolvido ou se será necessário conduzir uma nova rodada de análise para identificação de uma nova contramedida mais eficaz. Neste sentido, se recomenda que os indicadores sejam objetivos, claros, relevantes, específicos e mensuráveis. Assim, a metodologia A3 finaliza com a apresentação do confronto entre a situação inicial e a nova situação atual após a implementação das contramedidas, utilizando os indicadores propostos.

Por se tratar de uma ferramenta extremamente simples de ser utilizada, a metodologia A3 se adequa a qualquer estrutura e tipologia industrial, e pode ser uma importante ferramenta para melhoria dos processos produtivos com a utilização de informações que já estão disponíveis na própria empresa, sendo necessário apenas a construção do modelo A3 a ser utilizado.

Para ajudar nesta construção, a Figura 1 a

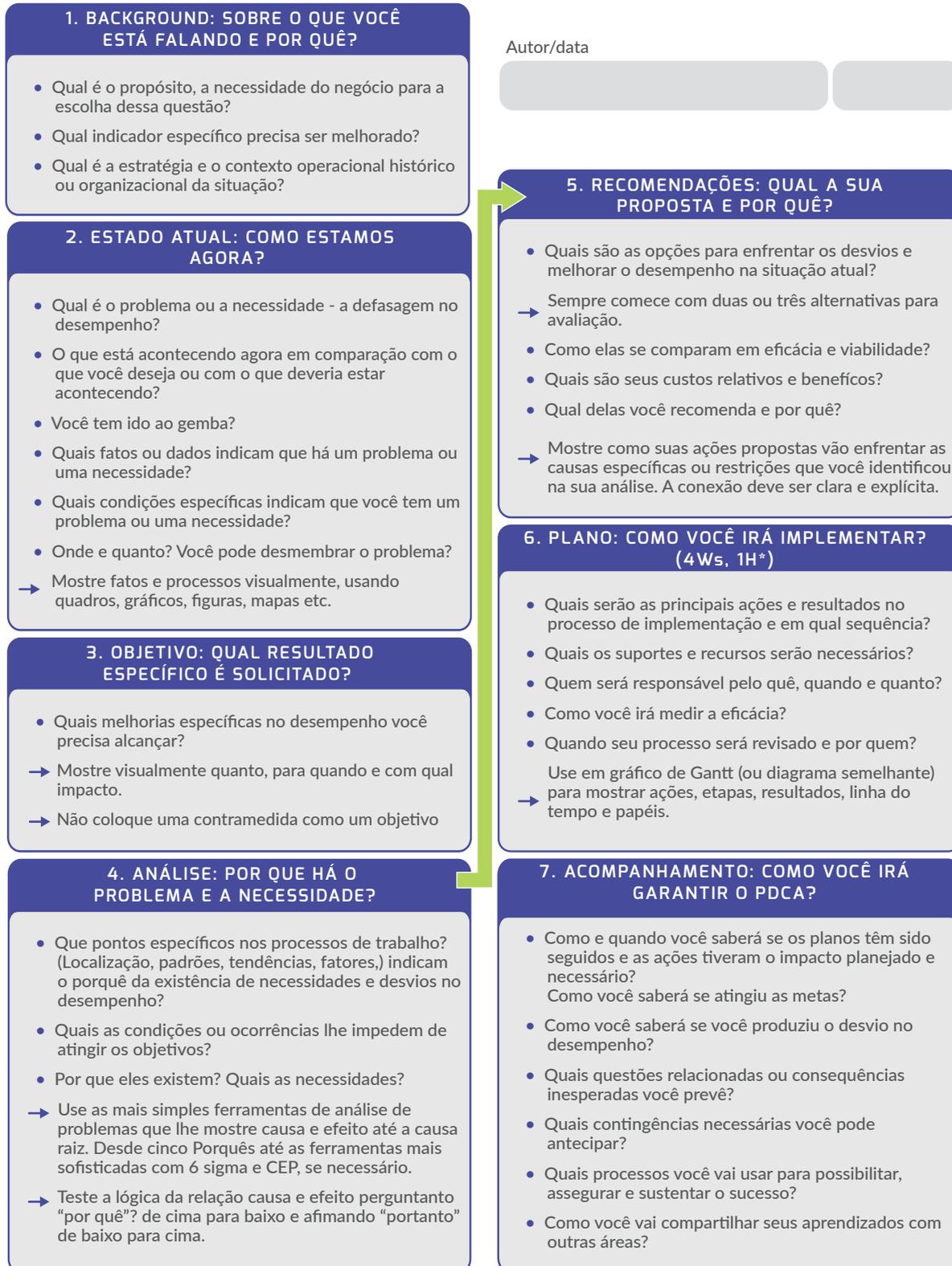
seguir apresenta um exemplo de modelo de A3 para uso ou adaptação.

Por que é uma boa prática?

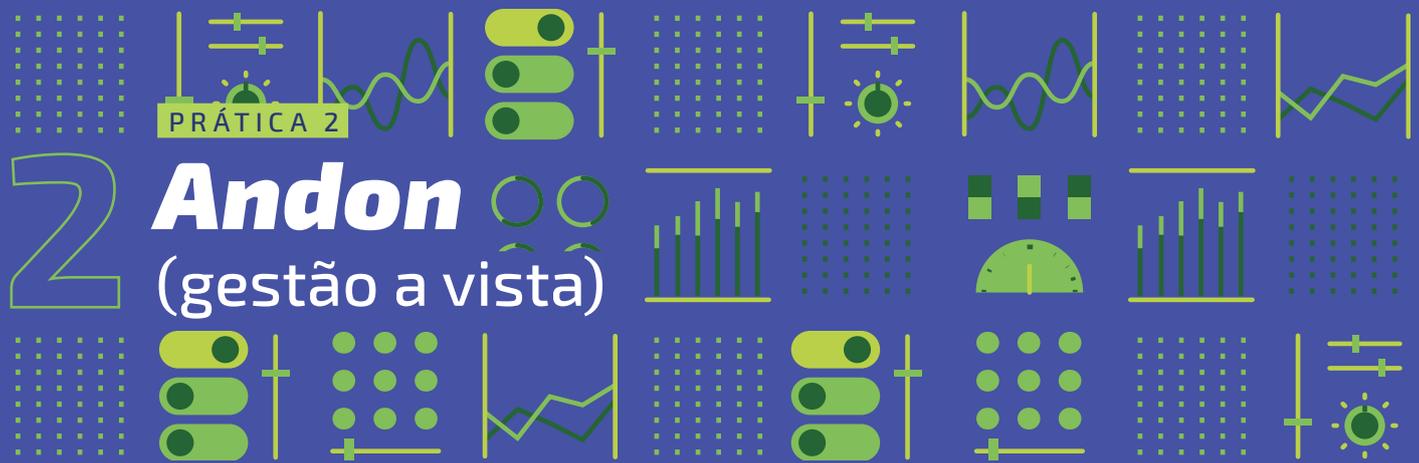
A metodologia A3 se tornou uma boa prática de gestão de processos produtivos pela simplicidade e eficácia com que o método pode ser implementado. A principal característica que torna esta metodologia importante na identificação de problemas e proposição de contramedidas é a necessidade de se documentar o problema estudado, levando o autor a realizar a observação prática do problema e a identificar de que forma este problema gera repercussões em todo o processo produtivo, embasado em dados, fatos e números. Como todo o diagnóstico e a proposição de ação se consolida em uma única folha de papel A3, é possível que o autor esteja percorrendo toda a planta da indústria com o papel na mão e fazendo suas anotações, tornando o método em uma importante ferramenta para documentar o problema no local onde ele acontece, sem a necessidade de computador, softwares ou outras ferramentas que afastam o observador do fato observado. Por fim, a metodologia A3 é uma importante ferramenta da comunicação de problemas,

planos de ação e medidas corretivas por ser facilmente comunicável, objetivo e de simples compreensão para toda a equipe envolvida na resolução do problema.

FIGURA 1 EXEMPLO DO MODELO A3



Fonte: Shook, J (2008). Lean Institute.



O que é?

Andon é uma palavra de origem japonesa que significa “lanterna” ou “lâmpada”. O uso desta metodologia na linha de produção foi introduzido pela Toyota Motor Company, como parte integrante de seu sistema de automação (automação com um toque humano). De acordo com o seu criador, Taichii Ohno, o Andon é “um

quadro indicador de parada da linha pendurado acima da linha de produção, é um controle visual”¹ de como está o funcionamento da linha. Esta prática permite aos operários realizar ajustes e até mesmo parar a linha de produção em qualquer momento que considere necessário de forma a evitar perdas e inconformidades.

1. O sistema de Produção Toyota: Além da produção em larga escala

Como funciona?

Assim como um semáforo organiza e disciplina o trânsito com um código de cores, o Andon utiliza uma sinalização em cores para manter a linha de produção em conformidade durante todo o processo produtivo. De acordo com Ohno, “A luz indicadora de um problema funciona como segue: quando as operações estão normais, a luz verde está ligada. Quando um operário deseja ajustar alguma coisa na linha e solicita ajuda, ele acende uma luz amarela. Se uma parada na linha for necessária para corrigir um problema, a luz vermelha é acesa. Para eliminar completamente as anormalidades, os operários não devem ter receio de parar a linha”².

Portanto, o *Andon* é uma ferramenta de controle do processo produtivo que funciona em cada ponto da linha de produção e dá ao operário o poder de solicitar ajustes ou mesmo parar a linha caso algo de errado esteja ocorrendo. Para isso é instalado um sistema de botões em cada ponto da linha de produção com a designação das cores e um dispositivo que acende as cores conforme o estado da linha de produção. A gestão deste sistema pode ser realizada por um software que indique como está a cor de cada ponto da linha de produção ou pode ser elaborado um grande quadro que fique afixado em algum ponto visível da indústria para gestão da linha de produção.

Para colocar em prática essa ferramenta é necessário que se organize a linha de produção e que o chão da fábrica seja identificado com marcações no piso que indiquem as estações de trabalho, em um sistema de informações que seja possível atribuir o *Andon* a cada área da planta, de forma a ser possível identificar exatamente o local onde foi acionada a luz.

Esta ferramenta funciona a partir do envolvimento e do comprometimento de todos os funcionários da indústria, uma vez que deve existir uma linha de ação para cada acionamento do *Andon*. Assim, para o melhor funcionamento do *Andon*, é necessário estabelecer uma linha de comando para ajuda no caso do acionamento das luzes indicando quem deve ser responsável por ajudar, formando uma espécie de “grupo de ajuda”, iniciando com o responsável da área, passando para o supervisor, gerentes, diretores e, em alguns casos, a indicação de um grupo gestor de emergências.

O **ANDON** É UMA FERRAMENTA DE CONTROLE DO PROCESSO PRODUTIVO QUE FUNCIONA EM CADA PONTO DA LINHA DE PRODUÇÃO E DÁ AO OPERÁRIO O PODER DE SOLICITAR AJUSTES OU MESMO PARAR A LINHA CASO ALGO DE ERRADO ESTEJA OCORRENDO

Essa cadeia de responsáveis é fundamental para a resolução rápida do problema e também para estabelecer a cadeia de comando em caso de problemas mais graves. No caso da Toyota, ao acionar uma luz vermelha, de parada de linha, todos descem à planta e verificam o chão de fábrica, inclusive os diretores da empresa.

Desta forma, caso algum operário necessite de ajuda ou mesmo identifique um erro que seja necessário parar a linha de produção, ele poderá fazê-lo apertando um botão e automaticamente uma luz indicativa será acessa demandando a correção. Esta metodologia é uma importante ferramenta para o controle da qualidade e dos desperdícios, gerando maior conformidade da linha e uma produção mais eficaz.

2. Idem.

Por que é uma boa prática?

A principal característica que faz desta metodologia uma boa prática é a elucidação dos problemas ocorridos na linha de produção com a possibilidade da parada imediata da linha. Esta ferramenta é uma importante aliada no combate aos desperdícios e, portanto, na construção de uma linha de montagem em conformidade com os indicadores de qualidade estabelecidos pela empresa. Além disso, o *Andon* é um sistema que ajuda na melhoria contínua do processo produtivo, pois a cada falha identificada, a linha é melhorada com a aplicação de uma contramedida rápida. Desta forma, o *Andon* também contribui para a melhoria da produtividade, redução dos custos e eficiência do processo produtivo.





3

Poka-Yoke

(à prova de defeitos)

O que é?

Poka-Yoke é uma palavra japonesa que significa “à prova de defeitos” e tem sua origem, enquanto metodologia para prevenção e correção de erros, no Sistema Toyota de Produção. Segundo o seu criador, Shigeo Shingo, erros sempre irão ocorrer e cabe à empresa prevenir e remediar estas inconsistências na produção. Desta forma, Shigeo criou um sistema que indica ao operador a forma correta de utilizar uma máquina ou realizar determinada operação, impedindo o mau uso pelo operador. Esta metodologia tem por principal objetivo a redução dos erros humanos, seja por desconhecimento do correto uso, seja pela displicência

na operação. Sistemas *Poka-Yoke* existem nos automóveis e o consumidor já está habituado a eles. Podem ser citados como exemplos:

- Remoção da chave da ignição em veículos automáticos apenas quando a posição da transmissão estiver em “ponto morto”;
- Alertas sonoros ao desligar o veículo com os faróis acessos;
- Portas com fechamento automático quando o veículo se põe em movimento; e
- Todo o sistema de alertas com ícones no painel de um automóvel, acendem quando algum problema está ocorrendo ou está para ocorrer.

Portanto, o método do *Poka-Yoke* consiste em desenvolver mecanismos que prevejam situações de falha e mau uso e evitar que este erro seja cometido.

Como funciona?

De acordo com Shigeo, erros são inevitáveis e sempre irão ocorrer, pois os operadores das máquinas são humanos e “errar é humano”, portanto deve ser desenvolvido um mecanismo que impeça os erros de alterar o produto final, tornando os erros evitáveis. Desta forma, Shigeo classifica os erros em três categorias, relacionadas a problemas humanos, técnicos e de gestão:

ERROS INADVERTIDOS - São erros não intencionais que ocorrem em função das limitações humanas e falta de atenção. Questões como a condição de trabalho, problemas na vida pessoal e outras fontes de distração sempre estarão presentes no cotidiano dos funcionários e, assim, estes erros acontecem. Podem ser minimizados com ações que reduzam a distração, a rotatividade das tarefas e períodos de descanso, mas é mais provável que dispositivos à prova de defeitos ajudem mais nesses casos;

ERROS DE NATUREZA TÉCNICA - São erros relacionados à falta de conhecimento ou de compreensão da atividade a ser desenvolvida, ou seja, são erros que decorrem da falta de capacidade ou capacitação técnica para realização do trabalho corretamente. Nestes casos, os erros podem ser minimizados com a capacitação, melhor formação dos funcionários e melhorias nos processos produtivos; e

ERROS INTENCIONAIS - Por fim, estes erros são cometidos de forma intencional e premeditada, quase sempre em função de descontentamentos dos funcionários com a empresa/chefia. A solução para redução destes erros é mais de caráter psicológico do que propriamente técnica, uma vez que o funcionário pensa antes de agir de forma deliberada para cometer o erro. Nestes casos, sistemas de *Poka-Yoke* podem dificultar a

realização dos erros, mas jamais irá sanar o problema real.

A partir destas constatações, os sistemas de *Poka-Yoke* passam a ser desenvolvidos focados nos erros inadvertidos e na minimização dos erros técnicos e intencionais. Portanto, é preciso que a empresa conheça quais são os principais erros associados às falhas humanas e desconhecimento técnico que podem levar a acidentes ou à produção de produtos defeituosos e desenvolva sistemas à prova de defeitos para estes casos.

Os dispositivos *Poka-Yoke* podem ser categorizados em três classes de acordo com as técnicas utilizadas para construção dos mecanismos de inspeção:

MÉTODO DE CONTATOS - São sistemas de *Poka-Yoke* criados com dispositivos que detectam erros no formato ou tamanho (dimensões) do produto ou em características pré-estabelecidas, como tamanho de furos para encaixe, tonalidade de pinturas, entre outros elementos pré-estabelecidos;

MÉTODO “VALOR ESTABELECIDO” - São sistemas de *Poka-Yoke* criados com dispositivos que detectam erros nas operações a partir da contagem automática do número de ações desenvolvidas pelo operador, tais como contagem da quantidade de furos realizados em uma chapa, contagem do número de peças utilizadas na montagem, entre outros; e

MÉTODO “MOVIMENTOS E ETAPAS” - São sistemas de *Poka-Yoke* criados com dispositivos que detectam erros na operação oriundos da não-conformidade na realização das etapas pré-determinadas, evitando que o operador “esqueça” uma atividade que faz parte do processo ou realize outra atividade que não faça parte do processo padrão estabelecido,

tais como acionamento sonoro de alarme para caso de uso de máquinas fora da sequência programada.

A partir da identificação de um erro, os sistemas *Poka-Yoke* podem ser utilizados de duas maneiras para informar a ocorrência dos erros:

MÉTODO DE CONTROLE - Quando o mecanismo do *Poka-Yoke* é ativado (quando o erro é detectado), a máquina/estação de trabalho ou mesmo a linha de produção é interrompida até que o problema seja corrigido; e

MÉTODO DE ADVERTÊNCIA - Quando o mecanismo do *Poka-Yoke* é ativado (quando o erro é detectado) é ativado um sinal sonoro, um alarme ou uma luz indicativa sinaliza a situação de não conformidade para o operador proceder com o ajuste.

Podem ser desenvolvidos *Poka-Yoke* para diversas atividades que comprometam a segurança dos operadores ou a qualidade dos produtos, tais como:

- Sistema de alarmes que soe quando pessoas entrarem em áreas de segurança de forma inadvertida;
- Desligamento automático de máquinas/ linha de produção quando algum elemento estranho (de forma e volumes diferentes do programado) entrar na linha; ou mesmo
- Emissão de alertas sonoros e perguntas de confirmação ao realizar uma operação fora do padrão estabelecido (sistema com perguntas do tipo: “tem certeza que deseja realizar esta operação?”).

O desenvolvimento desses sistemas *Poka-Yoke* deverá utilizar artefatos eletroeletrônicos, tais como sensores, interruptores e comparadores eletrônicos.

Por que é uma boa prática?

Segundo Shigeo, o *Poka-Yoke* em si é a materialização de uma prática sistemática de inspeção. Considerando que a inspeção é uma atividade chave do processo produtivo, o *Poka-Yoke* é o método pelo qual a inspeção se realiza no cotidiano de forma automática e elimina os erros detectados nas inspeções sucessivas que detectam os erros após eles ocorrerem.

Sendo assim, o método do *Poka-Yoke* é considerado uma boa prática por automatizar os procedimentos de inspeção e garantir o correto uso dos equipamentos, prevenindo acidentes e perdas decorrentes de falhas humanas no processo produtivo.



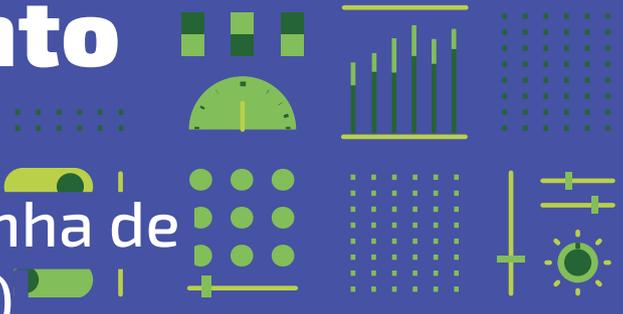


PRÁTICA 4

4

Balanceamento do Operador

(balanceamento da linha de produção/montagem)



O que é?

Balanceamento do Operador ou da linha de produção/montagem consiste em uma metodologia que estuda os tempos e movimentos de toda a linha de produção de forma a melhor distribuir as atividades entre as diversas etapas e ajustar a capacidade de processamento à demanda para atendimento dos pedidos. Esta prática ajuda na redução das perdas decorrentes de operações ociosas e excesso de estoques intermediários, elevando a eficiência da linha de produção e reduzindo os custos, portanto, melhorando a produtividade e a competitividade da empresa.

Esta metodologia é apresentada em formato gráfico, para melhor compreensão, chamado de Gráfico de Balanceamento Operacional, também conhecido como Yamazumi (palavra de origem japonesa que significa “empilhar”), que apresenta as atividades realizadas em cada etapa do processo produtivo, em um gráfico de barras empilhadas, classificando-as em (i) atividades de valor; (ii) trabalho adicional; e (iii) perda produtiva. Com isso é possível verificar o tempo de ciclo de cada operação, identificar os gargalos e a distribuição de trabalho entre as operações.

Como funciona?

A metodologia do Balanceamento Operacional deve ser realizada a partir da identificação das atividades envolvidas no ciclo de produção. Sendo assim, para analisar o balanceamento da linha devem ser seguidos alguns passos:

PASSO 1 - Identificação das atividades que compõem o ciclo da operação: Inicialmente é necessário identificar quais as atividades que compõem o ciclo da operação. O ciclo da operação é constituído por todas as etapas existentes na linha de produção/ montagem e que forma o processo produtivo. A identificação de todas as atividades em cada uma das etapas do ciclo é fundamental para se compreender as cargas de trabalho de cada estação operacional. A identificação destas atividades deve ser realizada no chão da fábrica, de forma a se ter um retrato fiel de como a operação ocorre atualmente, sem interferência de planejamento de produção. É importante verificar como o ciclo opera nas condições atuais e não analisar o processo produtivo do ponto de vista da sua funcionalidade.

PASSO 2 - Cronometrar o tempo necessário para realização de cada atividade e determinar o tempo total do ciclo da operação: Após identificadas as atividades existentes em cada etapa do ciclo operacional, é necessário realizar o levantamento do tempo de ciclo, que consiste no tempo máximo permitido para uma estação de trabalho da linha de montagem concluir as tarefas determinadas e verificar o tempo de ciclo total, ou seja, o tempo necessário para que a linha de produção entregue um produto finalizado. Esta atividade deverá ser conduzida no chão de fábrica cronometrando o tempo decorrente entre o início e fim da atividade em cada estação de trabalho.

PASSO 3 - Detalhar e classificar as atividades desenvolvidas no ciclo operacional: Cada atividade de cada etapa do ciclo operacional deverá ser descrita e indicado o tempo de sua realização. Esta descrição deverá ser realizada de forma minuciosa, indicando os movimentos realizados para a consecução das tarefas. Após essa descrição, as atividades deverão ser classificadas em (i) atividades de valor; (ii) trabalho adicional; e (iii) perdas produtivas. De acordo com o Sistema Toyota de Produção:

- Atividades com valor agregado são aquelas que envolvem processamento e mudança de forma ou caráter de um produto, tais como montar peças, forjar matérias-primas, soldar, temperar engrenagens ou pintar;
- Atividades sem valor agregado ou de trabalho adicional são aquelas que, apesar de não envolver processamento, são necessárias para realização do trabalho, mas podem ser alvo de melhorias, tais como caminhar para apanhar peças, abrir caixas de mercadorias, operar botões de apertar, entre outras atividades que não agregam valor mas não podem ser consideradas desperdícios; e
- Perdas operacionais são os desperdícios¹. São representados por tempos ociosos, esperas por materiais ou pelo encerramento de atividades anteriores do ciclo operacional, transporte de materiais sem sentido, empilhar estoques intermediários, entre outras atividades que não geram valor nem precisam ser realizadas.

PASSO 4 - Construir um gráfico de barras empilhadas para cada etapa do processo produtivo: A partir do detalhamento e classificação de cada atividade em cada etapa do ciclo operacional deve-se construir um

1. Para maiores informações sobre os desperdícios, verificar a prática “Sete desperdícios” neste Guia.

gráfico de barras empilhadas tendo como eixo y o tempo de realização de cada atividade e o eixo x as etapas do processo. Nesse gráfico, as atividades agregadoras de valor devem ser pintadas de verde, as atividades de trabalho adicional de amarelo e as perdas operacionais de vermelho.

PASSO 5 - Realizar os ajustes para balanceamento da operação: As atividades pintadas em vermelho devem ser eliminadas e as pintadas em amarelo devem ser minimizadas, reduzindo, assim, os tempos destinados a atividades que não geram valor e apenas aumentam o tempo de ciclo e a ocupação das equipes envolvidas na operação.

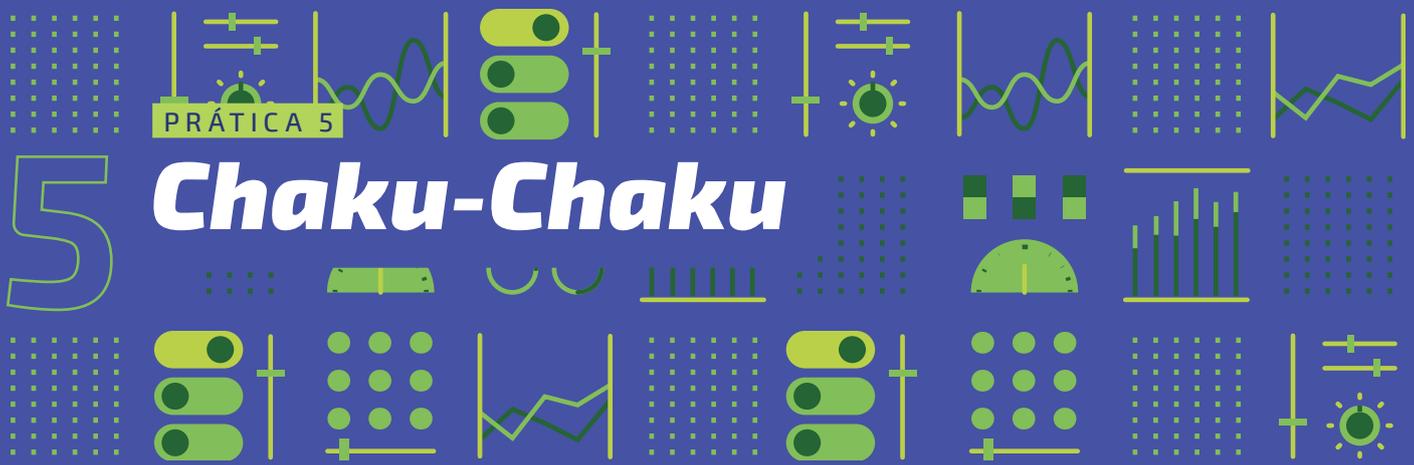
Após realizar a análise, o balanceamento da operação poderá ser realizado identificando as necessidades de alocação de pessoal nas etapas que necessitam de maior tempo de execução de forma a atender o tempo *takt*² da operação. Esta análise deverá envolver a avaliação do quantitativo de pessoal envolvido na operação e também a capacidade produtiva dos equipamentos utilizados. Outra forma de melhor adequar o balanceamento operacional da linha é verificar o *layout* de produção.

Por que é uma boa prática?

Um dos principais problemas nos processos produtivos industriais é a falta do balanceamento da linha operacional, que gera desperdícios e perdas decorrentes de estoques intermediários excessivos, esperas e gargalos de produção. O balanceamento operacional reduz o desperdício de tempo e aloca os recursos necessários nos locais necessários de forma a que o processo produtivo flua com o uso mais racional do tempo e dos recursos. Também é possível, através da análise das atividades, identificar erros de processo e melhorar continuamente a linha de produção, além de ser uma importante ferramenta para equilibrar a produção aos objetivos e metas da empresa.

2. Para maiores informações, acessar a prática “Tempo takt” deste Guia.





O que é?

Esse termo significa “carregar carga” e tem seu uso mais atrelado às manufaturas que utilizam sistema *lean*, ou manufatura enxuta, sistema de produção desenvolvido pela Toyota Motors. A metodologia do *Chacku-Chaku* remete a uma linha de montagem com célula de produção em “U” de forma a permitir que o(s) operador(es) desta célula consigam ter acesso a todas as máquinas e processos necessários à fabricação de um produto, evitando assim os desperdícios de tempo entre as estações de trabalho, carregamento

de matéria-prima e estoques intermediários. Uma linha montada em *Chaku-Chaku* basicamente consiste de um fluxo contínuo de operação em células de produção montadas em formato de “U”, onde um operador realiza uma sequência de atividades de processamento do produto e entrega um produto finalizado para a próxima etapa do processo. Esta metodologia ajuda a evitar o desbalanceamento operacional¹ e os desperdícios, mantendo material e componentes suficientes para atender à demanda projetada, de forma a que os operadores não fiquem parados aguardando reposição de material

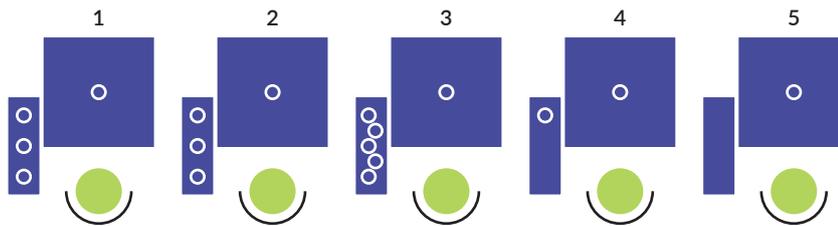
¹ Para maiores informações, acessar a prática “Balanceamento do operador” neste guia.

Como funciona?

Diferentemente da produção em linha, em que cada estação de trabalho realiza apenas uma atividade, o *Chaku-Chaku* cria uma estação

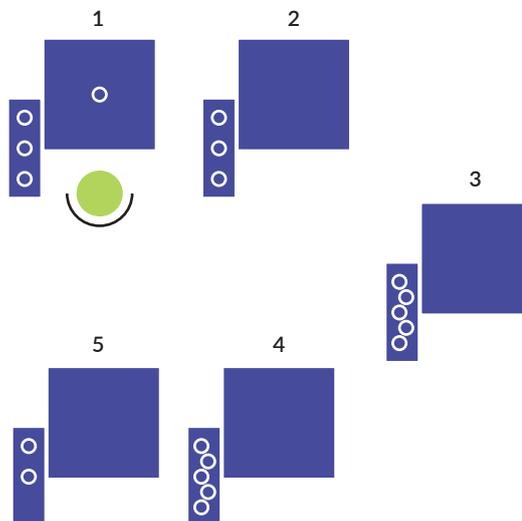
de trabalho com várias atividades sendo desempenhada por um único operador. Para melhor compreender são apresentadas abaixo duas situações para análise:

FIGURA 2 SITUAÇÃO 1 – LINHA DE PRODUÇÃO DE FLUXO CONTÍNUO



Fonte: FGV.

FIGURA 3 SITUAÇÃO 2 – LINHA CHAKU-CHAKU



Fonte: FGV

A primeira situação exemplifica como funciona o trabalho em uma linha de produção de fluxo contínuo, com estações de trabalho de atividades definidas em que cada operador realiza apenas uma tarefa e passa o produto de seu trabalho para o próximo operador e assim sucessivamente. Neste caso, o produto começa sua fabricação na etapa 1, que, após terminar suas atividades, encaminha para a etapa 2, e depois percorre as etapas 3, 4 e 5 para finalizar sua produção. Percebe-se que existem atividades que utilizam mais material do que outras e também atividades que demoram mais do que outras. No exemplo, percebe-se que existe um desbalanceamento operacional pois a etapa 3 está se tornando um gargalo enquanto a etapa 5 está ociosa esperando o processamento da etapa 4 que está prejudicada pela demora na etapa anterior. Assim, pode ocorrer a perda do tempo *takt* e o aumento dos desperdícios e custos associados à produção.

Na situação 2, uma linha montada em *Chaku-Chaku*, percebe-se que apenas um operador realiza as cinco etapas do trabalho. Neste caso, este operador precisa ser treinado para atuar com os cinco equipamentos necessários à realização de todas as atividades envolvidas, mas em compensação não existe o tempo de espera e ociosidade entre etapas, nem o desbalanceamento operacional. De qualquer forma, para que o *Chaku-Chaku* funcione de maneira eficaz é necessário que seja realizado um estudo prévio identificando a quantidade de material/componentes que devem ser disponibilizados para a realização da atividade sem que haja interrupções para reabastecimento e, por consequência, desperdícios. A equipe de logística interna da

empresa também deve saber os quantitativos a serem repostos por horário, turno e dia de operação, evitando a parada da linha *Chaku-Chaku* e ociosidade do operário.

Portanto, a linha *Chaku-Chaku* é uma prática de produção onde a peça se desloca pelas estações de trabalho junto com o operador, que é responsável por todo o processamento do produto naquela etapa da produção.

Por que é uma boa prática?

A linha *Chaku-Chaku* tem ligação com o princípio da autonomia do Sistema Toyota de Produção, segundo o qual um funcionário com mais atribuições será mais responsável e satisfeito com seu trabalho por não realizar apenas a mesma atividade repetitiva em todo o processo produtivo. Além disso, este formato de produção reduz os desperdícios de estoques intermediários e a necessidade de se empilhar, contabilizar e monitorar estes estoques, deixando o operador mais livre para realizar as atividades envolvidas na etapa de trabalho.

A operação em linha de *Chaku-Chaku* também permite a adequação da equipe à demanda da empresa. Neste caso, se a empresa trabalha com alta variabilidade de demanda (pedidos sazonais) pode contratar funcionários e aumentar os operadores por linha *Chaku-Chaku* nestes períodos, incrementando sua produção de forma rápida.



6

Cinco Porquês

O que é?

A análise dos Cinco Porquês é uma prática que consiste em perguntar “por quê?” repetidamente cinco vezes quando um problema surgir. Esta metodologia explora as relações de causa e efeito de forma a investigar a raiz do problema a que se está estudando ou discutindo. A metodologia dos Cinco Porquês tem por objetivo aprofundar o conhecimento sobre um problema, saindo das respostas diagnósticas óbvias para analisar mais profundamente as causas reais do

problema. O número de vezes que se pergunta “por quê”, cinco, não é uma medida fixa e exata. Na metodologia desenvolvida pela Toyota em seu modelo de produção, esse número passou a ser implementado como uma medida para avaliar se o problema havia sido suficientemente estudado, mas poderiam ser necessárias mais perguntas de “por quê”, variando de caso a caso, até que se chegasse à conclusão de que o real problema foi identificado.

Como funciona?

Apesar de parecer algo bastante simples e trivial, a metodologia dos Cinco Porquês precisa de uma real compreensão de sua utilização. Não se trata apenas de perguntar cinco vezes por quê e responder apressadamente para “se ver livre do assunto” e, ao final, se obterá uma revelação mágica! Ao contrário, se bem conduzida, a discussão com a metodologia dos Cinco Porquês será bem difícil se alcançar o quinto estágio de resposta sem que exista um estudo e uma discussão com vários integrantes do processo produtivo, uma vez que os processos estão interligados.

Desta forma, o uso da metodologia dos Cinco Porquês não requer nenhum artefato elaborado previamente, mas demanda método para compreender as respostas em sua amplitude e identificar a real raiz do problema. Muitas vezes, assumimos que algo é o problema devido à nossa especialização ou “aos anos de trabalho” que concede experiência suficiente para saber o que houve e assim incorremos no erro de não aplicamos a metodologia, por julgar desnecessário.

Neste sentido, as reuniões com uso da metodologia de Cinco Porquês se assemelham a sessões de *brainstorming* ou discussões de grupos de trabalho, com a particularidade de estar focado em identificar a raiz de um problema real.

De forma hipotética, e apenas para exemplificar a metodologia, imagine a seguinte situação: um cliente se recusa a pagar pelo produto recebido. Então, teríamos a seguinte estrutura de perguntas:

DEFINIÇÃO DO PROBLEMA: Cliente se recusa a pagar por produto recebido

POR QUÊ? O cliente alega que o produto foi recebido fora do prazo acordado e não pode fazer o uso que havia planejado.

POR QUE FOI ENTREGUE FORA DO PRAZO?

Uma máquina de corte parou de funcionar.

POR QUE A MÁQUINA DE CORTE PAROU DE

FUNCIONAR? Um funcionário se acidentou ao manusear a máquina e teve que ser socorrido na enfermaria.

POR QUE O FUNCIONÁRIO SE ACIDENTOU

AO MANUSEAR A MÁQUINA? O funcionário não estava usando o equipamento de proteção individual adequadamente.

POR QUE O FUNCIONÁRIO NÃO ESTAVA

USANDO O EPI? Acabou o estoque de EPI e foi necessário improvisar uma luva para manuseio da máquina.

CONTRAMEDIDA ADOTADA: Analisar o uso de EPI e a demanda por equipamentos de proteção e encomendar adequadamente o volume necessário para evitar falta de equipamentos.

Perceba que um problema iniciado com a recusa do cliente em pagar pelo produto recebido fora do prazo levou a compreensão de que tudo isso ocorreu pela falta de estoque de equipamentos de proteção individual na empresa. De outra forma, seria apenas analisado uma camada mais superficial do problema e poderiam achar que o problema da máquina que ficou parada era técnico ou mecânico e tentar comprar uma máquina melhor ou mesmo ajustar a produção.

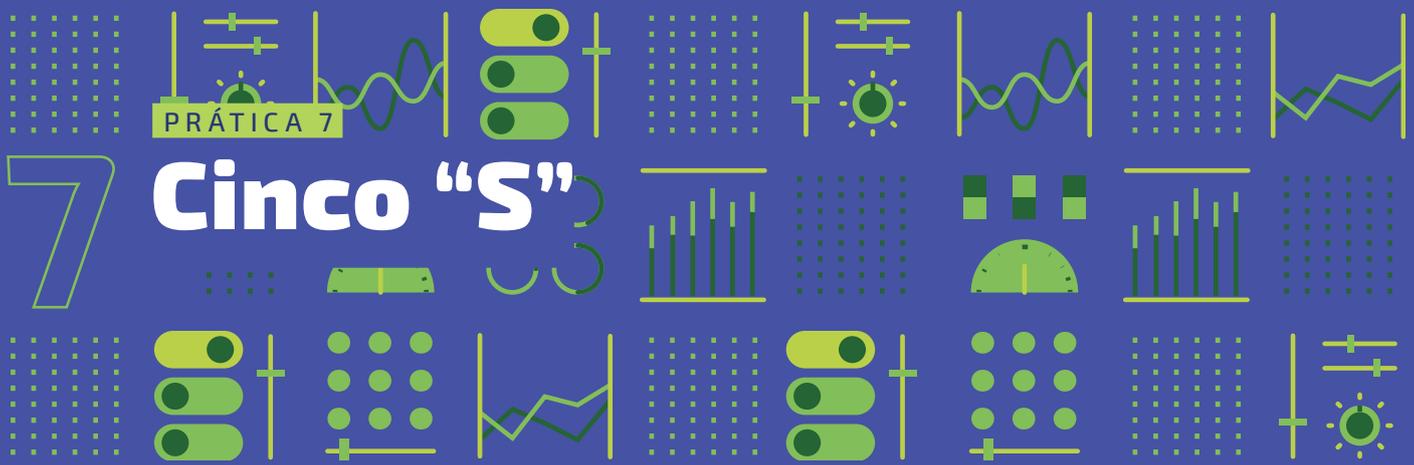
Por que é uma boa prática?

O uso da metodologia dos Cinco Porquês permite, de forma rápida e objetiva, compreender as relações de causa e efeito que um problema pode estar causando no processo produtivo e levar ao conhecimento da raiz desse problema para a aplicação de uma contramedida mais eficaz. Para Ohno¹, “a base da abordagem científica da Toyota é perguntar-se cinco vezes por quê sempre que nos deparamos com um problema. Repetindo-se porquê cinco vezes, a natureza do problema, assim como sua solução, tornam-se claros”.

1. O sistema de produção Toyota: além da produção em larga escala







O que é?

O conceito dos “Cinco S” está ligado às cinco palavras japonesas que se iniciam por esta letra – Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke – e representam a base das práticas de melhoria no ambiente de trabalho adotadas pela Toyota Motor

Company em suas plantas produtivas. Estes cinco conceitos possuem relação estreita com o controle de qualidade e a manutenção de um ambiente de trabalho mais adequado para a melhoria na produtividade.

Como funciona?

A metodologia do Cinco S representa um conjunto de práticas para melhorar o ambiente de trabalho e a produtividade nas empresas. Estas práticas devem ser implementadas em conjunto, de forma a desenvolver um sistema de melhoria de eficiência e redução dos desperdícios operacionais. Nas indústrias japonesas, o Cinco S é considerado a base do sistema de qualidade total e fundamental para a implementação de outras ferramentas de melhoria de produtividade. A metodologia recomenda a implementação de práticas em:

SEIRI - palavra japonesa que remete à ideia de “organizar o que está desarrumado” e traz consigo práticas relacionadas à utilização, separando os itens necessários dos desnecessários, descartando estes últimos. A ideia do *Seiri* é de que uma estação de trabalho deve estar sempre organizada e dispor apenas dos itens que são efetivamente utilizados no processo produtivo. Desta forma, são desenvolvidas ações que visam à manutenção dos recursos úteis em condições adequadas de uso, reutilização de recursos, uso adequado do que se tem disponível, descarte de materiais seguindo normas estabelecidas, entre outras ações práticas.

SEITON - a segunda prática do Cinco S está relacionada à ideia de “colocar em ordem o que está desarrumado”, ou seja, arrumar adequadamente os materiais que foram selecionados como úteis na prática anterior. Esta prática está relacionada a desenvolver um senso de organização de espaço de trabalho, definido um local adequado para cada coisa que precisa ser utilizada na estação de trabalho. Evitar desperdícios de tempo procurando por algo é extremamente importante em uma operação

de produção, além de proporcionar uma maior segurança no ambiente de trabalho reduzindo acidentes por peças fora do local adequado.

SEISO - a terceira prática dos Cinco S diz respeito à limpeza. O princípio é que se deve aprender a usar sem sujar, mas que, uma vez sujo, deve ser limpo imediatamente. Desta forma, deve-se desenvolver rotinas para cuidar de seu ambiente de trabalho e, se cada funcionário mantiver sua área de trabalho limpa, a empresa inteira estará limpa. Manter o local de trabalho limpo vai além das questões de higiene, auxiliando também na qualidade dos produtos produzidos (sem sujeira nem defeitos associados a esta questão) e na segurança do local de trabalho, evitando acidentes decorrentes de locais sujos.

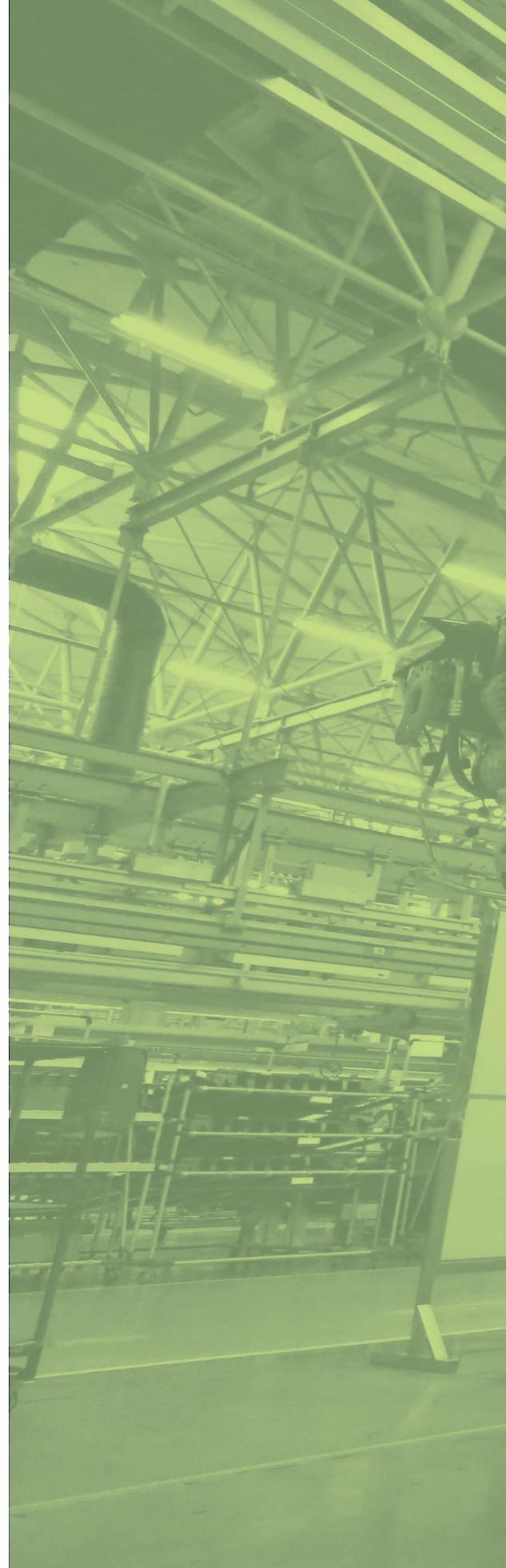
SEIKETSU - esta quarta prática do Cinco S traz a ideia de “padronização dos procedimentos”, criar normas e regras a serem seguidas por todos. Os avanços alcançados com os três primeiros S devem ser normatizados para que sejam sempre mantidos em uso. Este S tem relação com a “saúde” dos trabalhadores, e amplia o alcance das práticas de Cinco S para além das estações de trabalho, entrando na verificação das condições de áreas comuns, tais como refeitórios, banheiros, salas de reunião, iluminação, ventilação, sinalização interna e comunicação visual da empresa. As ações devem ser direcionadas a criar um ambiente organizacional mais limpo, organizado e sinalizado.

SHITSUKE - por fim, o último S da metodologia traz a ideia de “autodisciplina”, capacidade de se manter em andamento os 4S anteriores de forma a cumprir rigorosamente o que está estabelecido. Desta forma, são desenvolvidas atividades que ajudem a incentivar a melhoria contínua e a manutenção dos padrões estabelecidos. O desenvolvimento deste S implica na implementação de ações e campanhas internas para incentivar os

funcionários a se comprometerem com os padrões. Alguns autores analisam que esta metodologia no Japão é composta apenas por 4S, uma vez que este quinto S já faz parte da cultura japonesa milenar e não é parte integrante do método, mas que a adaptação para outras culturas requer a inclusão deste último senso.

Por que é uma boa prática?

A utilização de programas de Cinco S leva a diversos benefícios no ambiente de trabalho que são extremamente importantes na redução das perdas operacionais, redução dos desperdícios, ociosidade e melhoria das condições de segurança. Além disso, a implementação desta prática deverá conduzir a um melhor local para se trabalhar, não apenas pelas melhores condições físicas, mas também pelo desenvolvimento do espírito de equipe, respeito às normas e convivência mais harmônica.





022

台安車
I.C. B
TAN



O que é?

Código de Barras são representações de sequências numéricas ou alfanuméricas indicadas em um conjunto de linhas e espaços que formam uma barra e identificam um produto a partir da leitura destas barras por um equipamento de *scanner*,

que realiza a decodificação destas informações e apresenta em um terminal de computador. Cada produto é associado a um código de barras e o acionamento da verificação com o *scanner* apresenta as informações cadastradas no sistema para este produto.

Como funciona?

Códigos de Barras estão, atualmente, associados a todos os produtos em todas as áreas de negócio. A forma como cada lista da etiqueta está disposta contém informações sobre o produto a que se refere. O princípio que permite o desenvolvimento destes códigos é o mesmo da computação em geral: o código binário. Este código apresenta informações utilizando apenas a representação de dois números, o “0” e o “1”, e a combinação destes números se transforma em informação do produto. Sendo assim, toda a extensão de uma etiqueta de código de barras apresenta informações. Cada linha preta representa um número “1” e a sua espessura representa a quantidade de números “1” a serem lidos. Da mesma forma, cada linha em branco representa o número “0” e a espessura do espaço em branco informa quantos zeros devem ser lidos pelo scanner.

De forma geral, cada etiqueta de código de barras é formada por um conjunto de dados que representam quatro informações: tipo de código (item normal, itens pesados, remédio ou cupons); número do fabricante (cadastro do fabricante junto à emissora da etiqueta de código de barras); código do produto (cada produto precisa ser cadastrado e emitido uma etiqueta com códigos de barra próprios); e o dígito verificador que auxilia o computador a checar se a informação foi lida de forma correta.

O uso dos códigos de barras permitiu que as empresas agilisassem atividades rotineiras de controle através da integração destas informações com os sistemas de controle de estoque, movimentação de produtos, vendas e pedidos a fornecedores. Ao ser lido pelo *scanner*, o código de barras irá apresentar as informações cadastradas sobre o produto e o fornecedor, e, caso seja integrado aos

demais sistemas da empresa, poderá informar histórico de vendas, histórico de pedidos, lista de fornecedores de itens semelhantes, estoque atual do produto, data de último pedido, informações da logística interna da empresa, tais como estações de trabalho que utilizam o produto no consumo intermediário, histórico de consumo por etapa produtiva, entre outras informações que podem ser extremamente relevantes para o gerenciamento dos pedidos, do estoque, das vendas e da operação da empresa.

Por que é uma boa prática?

O uso de códigos de barras em produtos automatiza uma série de atividades cotidianas que, de outra forma, deveriam ser realizadas manualmente. Imagine a tarefa de se fazer inventário em estoques quando a empresa atua com muitos itens. Saber a informação correta de quantos itens estão em uso, quantos estão no estoque e quantos estão descartados é extremamente difícil. Porém, o uso adequado dos sistemas com leitura de código de barras permite automatizar todas estas atividades com uma única leitura de *scanner*. Quando o produto der entrada no estoque, as informações são cadastradas junto ao código de barras (fornecedor, quantidade de cada item, data da entrega, validade, entre outras informações que sejam consideradas relevantes). Cada vez que o item sair do estoque, a leitura do código de barras pode atualizar estas informações dando baixa no estoque e informando para onde foi o item e quem autorizou a expedição.

Os usos de códigos de barras podem ser inúmeros. Cada empresa deve associar estas informações a seus sistemas e controles internos e verificar a melhor forma de se utilizar esta prática.

9

Crossdocking

O que é?

Esta metodologia está associada à otimização de recursos logísticos na distribuição de produtos aos clientes. A prática conhecida como Crossdocking consiste em utilizar espaços intermediários entre o produtor e o cliente final, evitando a formação de estoques e reduzindo os custos logísticos a partir da recombinação de cargas para entregas. Desta forma, é possível utilizar centros de distribuição para receber cargas de diversos

fornecedores (cada um entregando seu produto) e recombina-las estas cargas para entregas em clientes (juntando a parte de cada item que será entregue ao cliente final), de forma que cada cliente receba seus produtos já separados, evitando os custos logísticos que ocorreriam caso todos os fornecedores fossem fazer suas entregas diretamente aos clientes finais.

Como funciona?

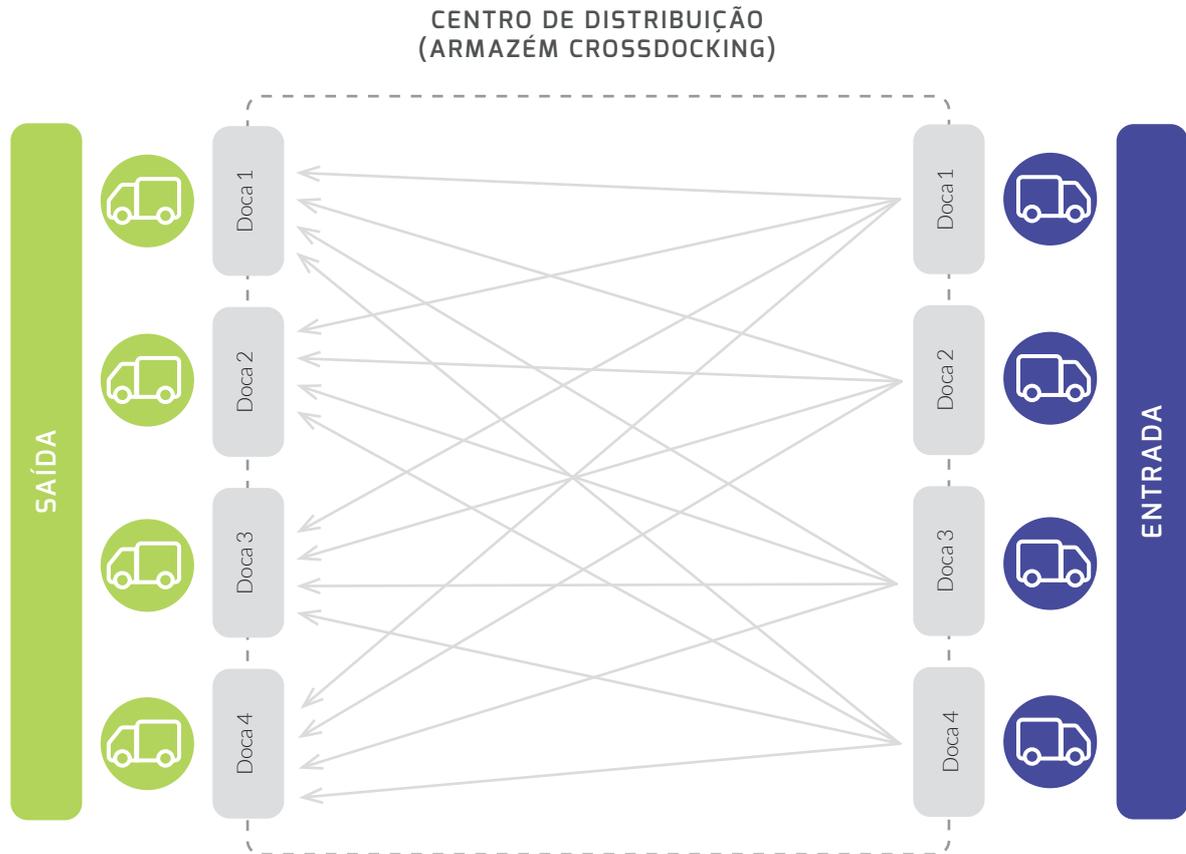
O princípio básico do *Crossdocking* é a transferência de mercadorias da indústria fabricante para o cliente final no menor tempo possível, reduzindo os estoques armazenados e os custos operacionais elevados de se realizar entregas fracionadas. Desta forma, a melhor maneira de se compreender o *Crossdocking* é analisando uma situação mais concreta de mercado.

Atualmente, muitas cidades possuem restrições quanto à circulação de veículos de carga em suas ruas e avenidas em horários comerciais (ou mesmo fora deles, em alguns casos). Para realizar a tarefa de abastecimento de lojas e supermercados, os fornecedores não poderiam transitar com seus caminhões até as docas de entrega destes clientes em horário comercial, apenas no período noturno. Mas como fazer para que todos os fornecedores façam suas entregas apenas neste expediente? A solução é adotar um modelo de *Crossdocking* no qual os fornecedores entregam suas mercadorias no centro de distribuição e estas mercadorias são recombinaadas para serem entregues em veículos de menor porte já com todos os itens de cada ponto de venda. Esta prática evita que o supermercado, por exemplo, precise receber um caminhão de cada fornecedor para receber suas mercadorias compradas e evita que o fornecedor tenha que entregar produtos em cada um de seus clientes.

Outro exemplo seria o transporte de cargas por longas distâncias entre origem e destino dos produtos transportados, em que se usam centros de distribuição com *Crossdocking* para recombinaar as entregas que terão destino final semelhantes, facilitar a elaboração das rotas logísticas e agilizar o prazo de entregas. Se uma indústria localizada na região sul do país realizou vendas para empresas localizadas no norte e no nordeste, por exemplo, poderia adotar a prática de *Crossdocking* utilizando um centro de distribuição na região sudeste e, de lá, recombinaar as cargas para as entregas nos destinos finais. Assim, esta indústria poderia fazer a expedição de apenas um frete com todos os itens vendidos e no centro de distribuição recombinaar estes itens com outros itens que serão entregues na mesma região geográfica, por exemplo.

Esta prática tem sido muito utilizada para viabilizar as operações de comércio eletrônico, pois as vendas são pulverizadas e realizadas para todo o mundo e seria inviável fazer as entregas em tempo hábil e com custos aceitáveis.

FIGURA 4 ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO DO *CROSSDOCKING*



Fonte: FGV

Por que é uma boa prática?

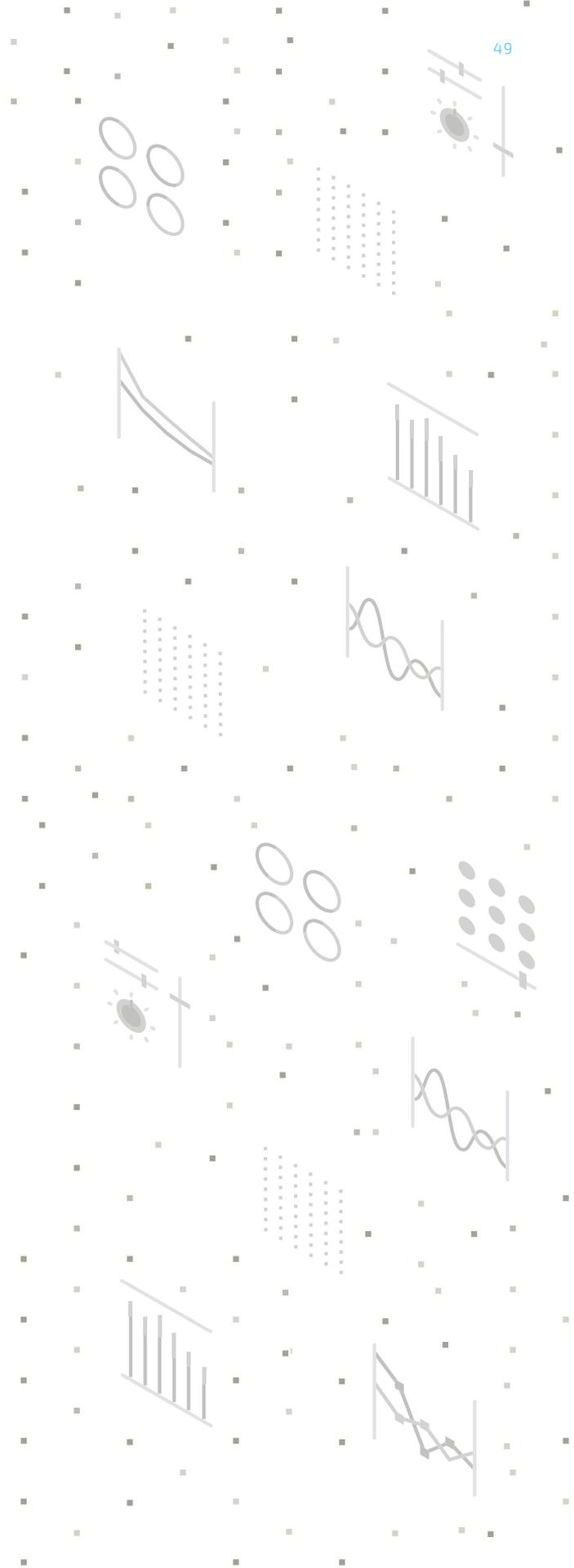
A adoção da prática de *Crossdocking* pode ser fundamental para desenvolver agilidade na expedição e entrega de produtos, redução dos custos logísticos e despesas com estoques. Além disso, ajuda no desenvolvimento de um sistema *just-in-time* mais eficiente e reduz a necessidade de espaços de estocagem e danos a produtos acabados pelo excesso de manuseio. A metodologia também reduz

a ocorrência de furtos e obsolescência dos produtos finais, pois ajusta a produção à entrega e promove a melhor utilização dos recursos.

Porém, para implementar ou aderir a um modelo de *Crossdocking* é preciso ficar atento a algumas questões:

- O tempo de troca de docas e saída deve ser o menor possível. O recomendado pelo mercado é que a mercadoria seja relocada e expedida em, no máximo, 24h após sua entrada no centro de distribuição;

- Deve-se analisar criteriosamente quais os produtos, ou quais os clientes, para os quais é vantajoso fazer o uso da metodologia de *Crossdocking*. Em alguns casos, pode ser melhor manter um outro canal de entregas;
- Certifique-se de que o operador do *Crossdocking* possui infraestrutura suficiente para realizar a operação de forma ágil e confiável, sem perdas e com manuseio adequado de seus produtos; e
- Cuidado com a manutenção de estoques de segurança para não ficar sem produtos suficientes para entrega.



10 Curvas de *Trade-off*

O que é?

As Curvas de Trade-off são um conceito econômico que representa a necessidade de se tomar decisões no uso dos recursos disponíveis. Economia é uma ciência que lida com os fenômenos relacionados à obtenção e uso dos recursos e tem como princípio básico a noção de que os recursos são finitos e, portanto, devem ser utilizados de forma a gerar maior benefício a seus proprietários. Desta forma, o uso destes recursos para uma finalidade inviabiliza seu uso para uma outra finalidade distinta. Esta escolha representa o trade-off (termo inglês que significa perde-e-ganha).

As Curvas de Trade-off apresentam, de forma gráfica, os limites possíveis de performance com os recursos existentes à disposição da empresa. Normalmente, o trade-off é apresentado em uma relação entre duas ou mais opções relacionadas à produção. Por exemplo: a empresa tem um trade-off entre capacidade de produção e níveis de estoque, ou mesmo entre adquirir novas máquinas ou investir em *marketing*. Desta forma, as curvas de trade-off representam as possibilidades de combinar as duas variáveis em termos do que é possível ser feito.

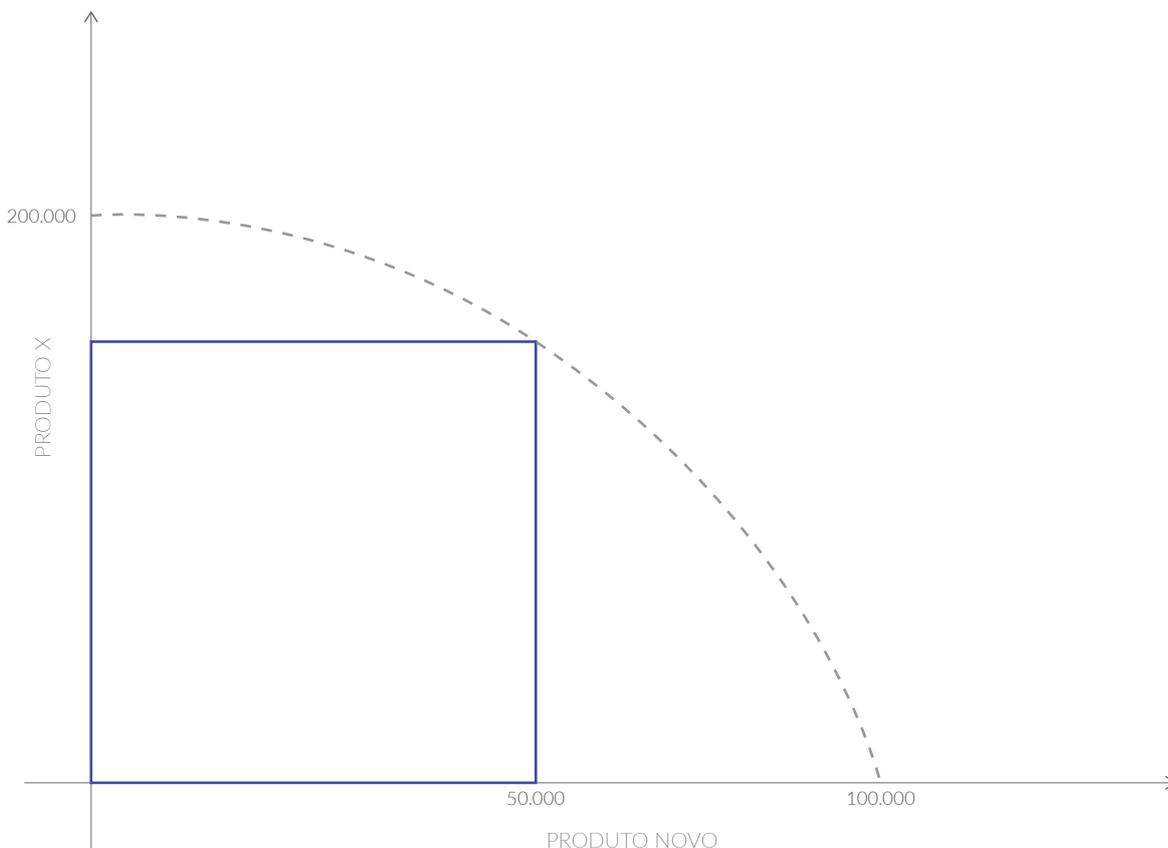
Como funciona?

As Curvas de *Trade-off* representam situações hipotéticas que derivam das condições reais de produção. De forma mais clara, são utilizados os dados atuais da empresa para se elaborar as projeções das possibilidades de produção em caso de se alterarem as variáveis consideradas. O gráfico da Curva de *Trade-off* é elaborado a partir da construção da causa-efeito entre as duas variáveis. Como situação hipotética, pode-se imaginar o seguinte exemplo:

A empresa desenvolveu um novo produto no mercado e, ao iniciar as vendas, verificou

uma boa aceitação por parte do mercado consumidor. Porém, esta demanda acima da expectativa fez com que a empresa tivesse que tomar a decisão de alterar sua programação de produção, de forma a adequar uma maior quantidade do novo produto em sua linha. Neste caso, como a empresa não ampliou sua capacidade produtiva, o *trade-off* é representado pela decisão de aumentar a produção de um em detrimento de outro produto. Ou seja, os níveis de produção dos demais itens deverão ser revistos para que seja possível aumentar a produção do novo item. Este *trade-off* é representado pelo gráfico de curva abaixo.

FIGURA 5 TRADE-OFF: PRODUÇÃO DO PRODUTO X PRODUÇÃO NO NOVO PRODUTO



AS CURVAS DE **TRADE-OFF** REPRESENTAM SITUAÇÕES HIPOTÉTICAS QUE DERIVAM DAS CONDIÇÕES REAIS DE PRODUÇÃO. DE FORMA MAIS CLARA, SÃO UTILIZADOS OS DADOS ATUAIS DA EMPRESA PARA SE ELABORAR AS PROJEÇÕES DAS POSSIBILIDADES DE PRODUÇÃO EM CASO DE SE ALTERAREM AS VARIÁVEIS CONSIDERADAS

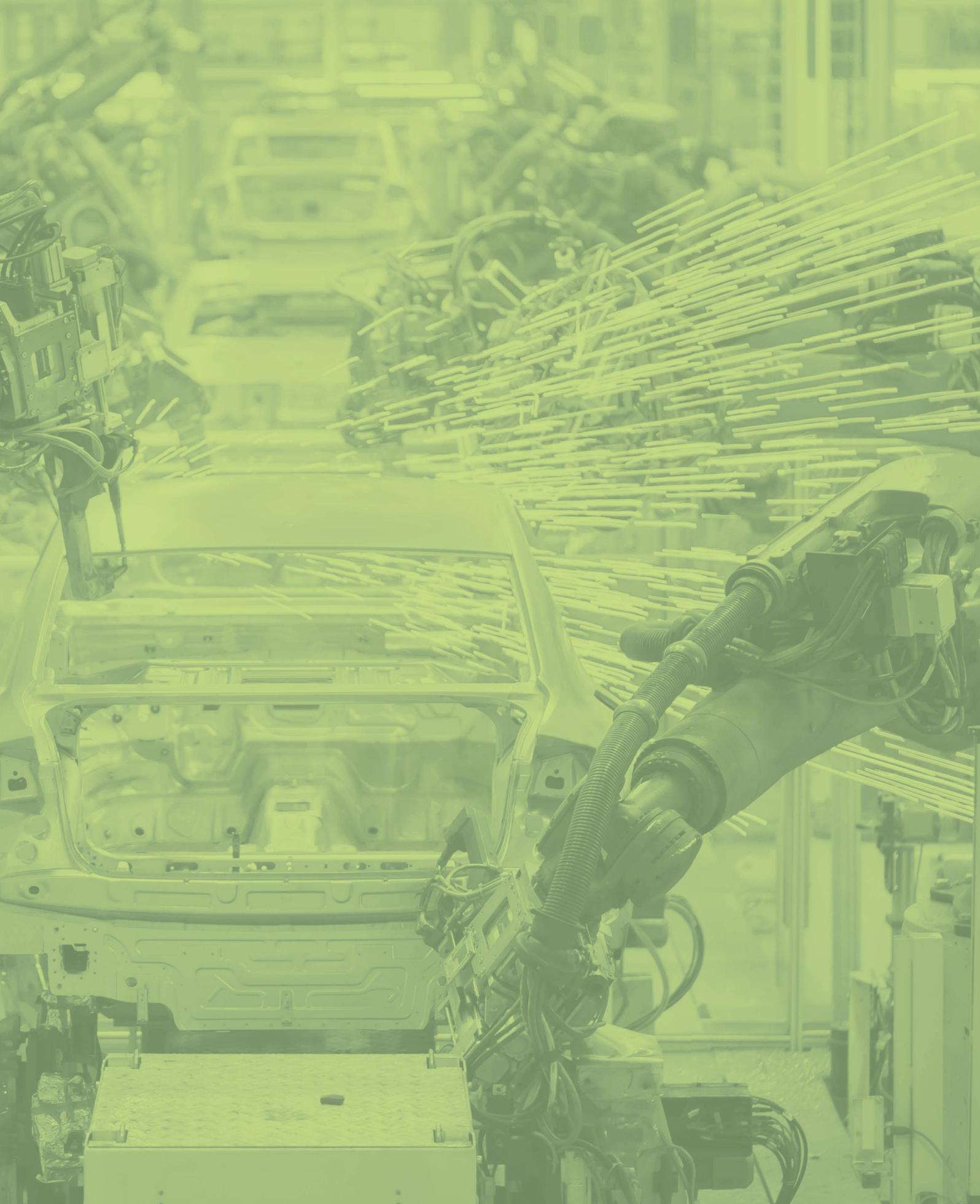
Neste caso hipotético, a capacidade de produção da empresa (utilizando todo o maquinário, matéria-prima e pessoal) é de 200.000 unidades do produto X. Porém, se a empresa decidir utilizar toda sua capacidade produtiva para fabricar o novo produto, ela conseguirá fabricar 100.000 unidades deste novo item. Porém, a empresa verificou que, caso decida produzir

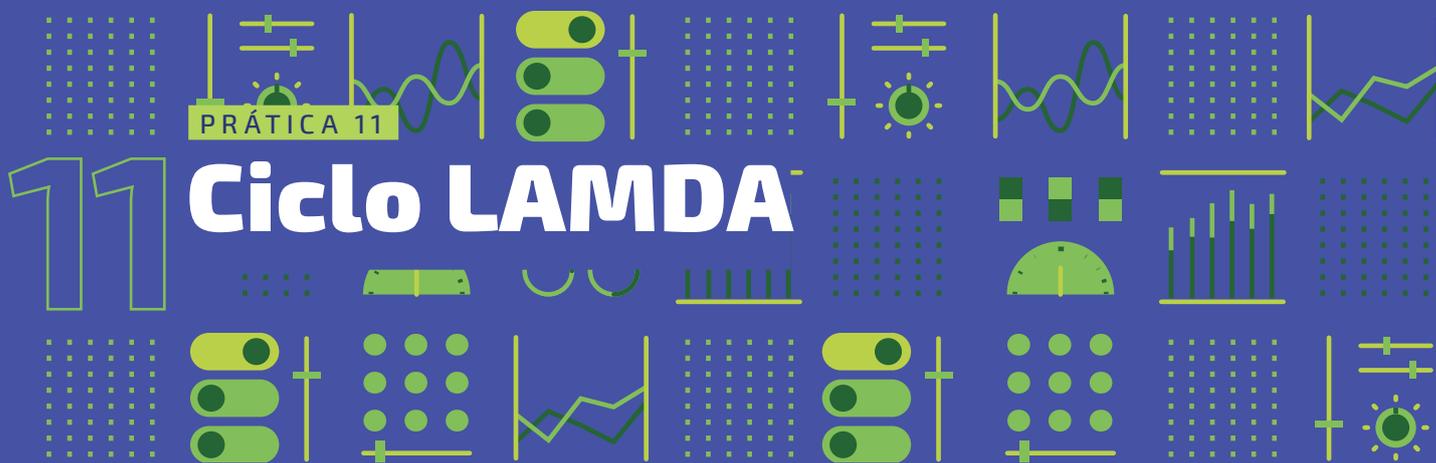
50.000 unidades do produto novo, poderá manter uma produção de 180.000 unidades do produto X. A Curva de *Trade-off* apresenta as possibilidades de produção e pode ser útil para analisar as decisões que precisam ser tomadas para melhorar a produção e a produtividade.

Por que é uma boa prática?

As Curvas de *Trade-off* ajudam na compreensão das alternativas que existem e auxiliam na tomada de decisão. No exemplo hipotético acima, a empresa poderá decidir o nível de produção de cada um de seus itens de acordo com suas expectativas de vendas e projeções de faturamento, adequando sua linha para a melhor alternativa que conduza ao melhor uso de seus recursos e maior retorno de seus investimentos.







O que é?

Metodologia utilizada nos ciclos de melhoria contínua e nos processos de desenvolvimento de soluções para problemas em produtos ou serviços. Esta prática tem seu nome oriundo das etapas de sua utilização: look, ask, model, discuss and act, que significa “observar, perguntar, modelar, discutir e agir”.

Frequentemente, este modelo é utilizado como um complemento ao Modelo PDCA¹, pois ajuda no desenvolvimento das sugestões de contramedidas ao problema em estudo, com a modelagem de soluções técnicas, simulações e protótipos.

1. Para maiores informações, consultar “PDCA” neste Guia.

Como funciona?

O Ciclo é utilizado a partir de suas etapas: observar, perguntar, modelar, discutir e agir. Como um ciclo, ele pode ser utilizado em diversos *loops* para aprofundar mais as medidas adotadas, e também pode ser inserido em um ciclo PDCA, sendo novamente utilizado a cada momento de checagem e redirecionamento das ações.

O uso desta prática deve seguir as seguintes etapas:

LOOK (OBSERVE) - A fase de observação é extremamente importante e se recomenda que seja realizada no chão de fábrica, verificando *in loco* o problema sobre o qual se pretende desenvolver uma contramedida. Analisar os fatores de sua ocorrência, avaliar os processos a montante e a jusante, analisar os efeitos do problema e tentar compreender de forma mais abrangente possível a situação-problema;

ASK (PERGUNTAR) - Também traduzido como interrogar, esta etapa deve se dedicar à conversar com o máximo de pessoas envolvidas com o problema em toda sua extensão, desde os processos anteriores (que podem ser a causa do problema) até os processos posteriores (que podem sofrer seus efeitos). Juntar a maior quantidade de informações possíveis é o principal objetivo desta etapa;

MODEL (MODELAR) - É a fase onde as informações coletadas devem ser analisadas para a formatação de uma contramedida a ser implementada. Na metodologia LAMDA, esta etapa avança para o desenvolvimento e modelagem de uma solução com a criação de um protótipo ou modelos de simulação que ajudem na compreensão dos impactos da contramedida sugerida;

DISCUSS (DISCUTIR) - Esta fase tem por objetivo analisar a adequação da contramedida sugerida

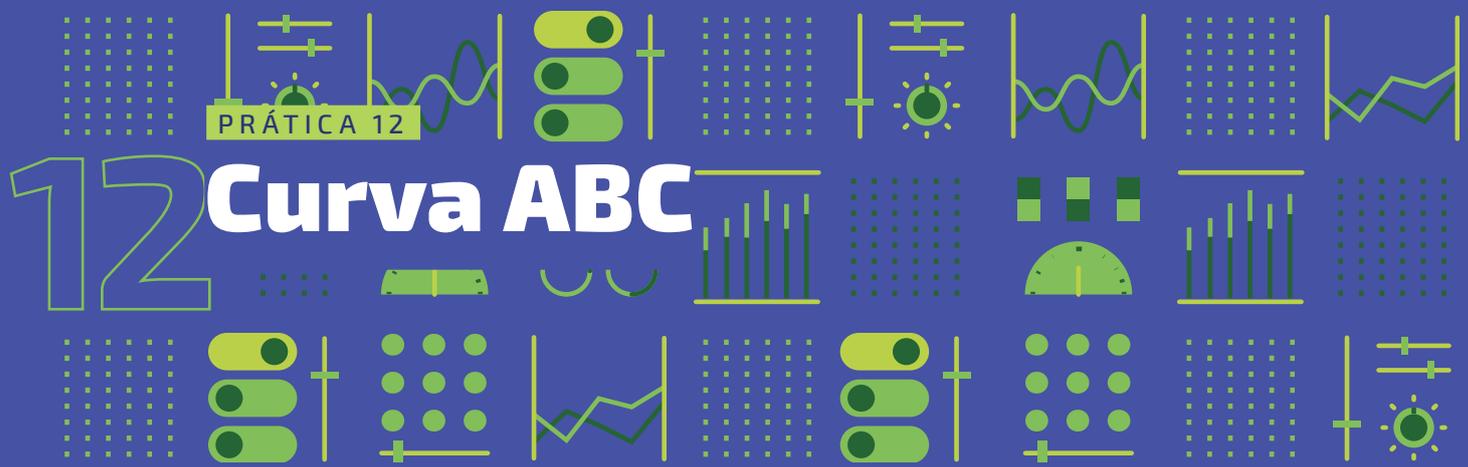
ao problema analisado. A avaliação dos modelos, simulações ou protótipos elaborados na fase anterior devem ser discutidas, preferencialmente com a presença de pessoas que estejam envolvidas com o problema, de forma a testar sua adequação antes mesmo de passar para a fase de implementação. Este formato antecipa problemas que possam vir a ocorrer na fase de implementação e já ajusta as expectativas em relação aos resultados possíveis de se conseguir;

ACT (AGIR) - A fase final do modelo LAMDA consiste em colocar em prática a contramedida selecionada. Esta fase pode ser realizada também como um protótipo ou “estudo de caso” antes de implementar a sugestão em todo o processo produtivo. Pode ser interessante implantar em um ambiente controlado para testar seus resultados e, caso sejam positivos, ampliar a implementação para toda a empresa de forma planejada.

O Ciclo LAMDA agrega à análise de problemas o desenvolvimento de protótipos e a possibilidade de se trabalhar com modelos de teste, antes de se tomar a decisão de implementar em todo o sistema produtivo, o que é algo bastante razoável considerando custos de implantação de novos processos produtivos.

Por que é uma boa prática?

A metodologia do Ciclo LAMDA é de fácil assimilação, não necessita de recursos que demandem investimentos muito volumosos e considera a possibilidade de se trabalhar com protótipos, que usualmente são elaborados com baixos orçamentos e testam as soluções em situações reais de uso. Desta forma, se considera uma boa prática por sua simplicidade, multiplicidade de usos e aproximação das realidades com o desenvolvimento de modelos e protótipos.



O que é?

A metodologia da Curva ABC é uma prática para gestão de estoques baseada nos trabalhos do economista italiano Vilfred Pareto, que no final da década de 1890 realizou estudos sobre a concentração das posses de terras em diversos países do mundo e descobriu que 80% das terras pertencia a um grupo de cerca de 20% de proprietários. A partir destes estudos, Joseph Juran desenvolveu a análise de Curva ABC utilizando o mesmo princípio dos estudos de Pareto. Para Juran, 80% dos eventos ocorrem em função de 20% das causas e o princípio de Pareto passou a ser

utilizado em maior amplitude. A Curva ABC é utilizada na gestão de estoques como uma metodologia para categorizar os itens de maior impacto e valor para a empresa. De acordo com esta prática, cerca de 20% dos itens em estoque representam 80% do valor em estoque.

Esta metodologia também é utilizada para análise de concentração de vendas (20% dos clientes representam 80% do faturamento), do mix de negócios (20% dos produtos respondem por 80% das vendas), entre outras aplicações, seguindo o mesmo princípio.

Como funciona?

A classificação ABC para a gestão de estoques é realizada a partir da definição dos critérios considerados para a formação dos estoques. Se uma empresa adotar como critérios, por exemplo, o custo de aquisição e o consumo em seu processo produtivo, a Curva ABC seria montada levando em consideração esses critérios. Neste caso, seriam listados os itens em estoque e apontados ao lado de cada um deles o custo de aquisição unitário e o consumo. A verificação do custo total de cada item seria a base para a formação da Curva ABC dos estoques, seguindo a classificação:

PRODUTOS "A" - São aqueles que respondem por 80% do critério adotado, considerados de alta prioridade;

PRODUTOS "B" - São aqueles que compõem a soma até chegar em 95% do montante total, considerados importantes; e

PRODUTOS "C" - São aqueles de menor importância e representam apenas 5% do total.

Como forma de ilustrar a situação, considere os itens de estoque em uma empresa da seguinte forma:

FIGURA 6 CURVA ABC DO ESTOQUE

PRODUTO	CONSUMO SEMESTRAL	VALOR UNITÁRIO (EM R\$)	VALOR TOTAL	PARTICIPAÇÃO	PARTICIPAÇÃO ACUMULADA	CURVA ABC
Produto 5	120	170	20.400,00	46,5%	46,5%	
Produto 9	1190	12	14.280,00	32,5%	79,0%	
Produto 7	49	85	4.165,00	9,5%	88,5%	
Produto 8	91	15	1.365,00	3,1%	91,6%	
Produto 4	50	25	1.250,00	2,8%	94,5%	
Produto 3	300	3	900,00	2,1%	96,5%	
Produto 10	15	35	525,00	1,2%	97,7%	
Produto 2	120	5	600,00	1,4%	99,1%	
Produto 1	20	10	200,00	0,5%	99,5%	
Produto 6	1	200	200,00	0,5%	100,0%	
VALOR TOTAL			43.885,00	100,0%		

Fonte: FGV

Foram listados os dez itens que compõem o estoque da empresa. A partir dessa informação, foi levantado o consumo semestral destes itens e o seu valor unitário. Com essas informações se chegou ao valor total investido semestralmente

A CURVA ABC É UTILIZADA NA GESTÃO DE ESTOQUES COMO UMA METODOLOGIA PARA CATEGORIZAR OS ITENS DE MAIOR IMPACTO E VALOR PARA A EMPRESA. DE ACORDO COM ESTA PRÁTICA CERCA DE 20% DOS ITENS EM ESTOQUE REPRESENTAM 80% DO VALOR EM ESTOQUE

na aquisição de cada um destes itens e, com isso, ao valor total gasto na compra destes materiais. Para se calcular a Curva ABC e ter uma melhor gestão dos itens de estoque de maior importância, foi calculada a participação relativa do item em relação ao montante total gasto. A partir da participação relativa

deve-se verificar quais os itens que, somados às participações, alcança 80% do total da despesa. No caso do exemplo hipotético criado como ilustração, os produtos 5 e 9 são considerados produtos A, enquanto que os produtos 7, 8, 4 e 3 são considerados produtos B. Já os itens 10, 2, 1 e 6 são considerados produtos C.

A partir desta avaliação é possível verificar quais os itens que merecem maior atenção do setor de compras, tanto para manter o estoque sempre abastecido quanto para desenvolver rede de fornecedores que sejam capazes de atender à demanda e reduzir os custos com a competição. As estratégias precisam ser adequadas aos critérios adotados.

Por que é uma boa prática?

A Curva ABC é um método simples e de fácil compreensão, que pode ser adotado em praticamente qualquer situação dentro de uma organização, para identificar os setores que mais têm gerado problemas, os produtos que mais têm sido devolvidos, os principais clientes que a empresa possui, o grau de dependência de clientes ou de produtos, entre outros usos possíveis.

Importante ressaltar que, apesar de ser uma ferramenta baseada em dados estatísticos, ela não representa a totalidade das situações. É possível que existam situações em que os estoques não se encaixem na Curva ABC exatamente representando discrepâncias como no exemplo hipotético apresentado. É possível ter uma distribuição de importância mais proporcional e isto não inviabiliza a utilização da metodologia, pois é possível utilizar a metodologia para avaliar a importância dos itens em estoque, a partir dos critérios estabelecidos.

Na gestão dos estoques de matéria-prima, o uso da metodologia é diferente da gestão dos estoques de uma loja ou comércio, por exemplo, onde podem ser adotados critérios como tempo de giro e margem de lucro, entre outras.

Porém, é sempre válido analisar como manter suas reservas de estoque a partir de uma análise de Curva ABC.



13 Diagrama Espaguete

O que é?

O Diagrama Espaguete consiste em uma metodologia para analisar visualmente o fluxo que as operações, processos ou pessoas percorre em um determinado contexto analisado.

O diagrama recebe este nome devido às inúmeras “idas e vindas” que são

realizadas pelas pessoas, processos ou produtos em uma linha de produção, o que termina por se assemelhar a um prato de espaguete, quando representado visualmente.

Como funciona?

O Diagrama Espaguete deve ser construído a partir das informações do fluxo atual que esteja sendo alvo da observação. É importante que ele seja desenhado exatamente como acontece no formato atual na prática estabelecida. Sem interferência de “como poderia ser” ou “sugestões de melhoria”, pois apenas posteriormente deverão ser analisadas alternativas ao fluxo.

Esta análise pode ser utilizada para acompanhar o fluxo percorrido pelo produto desde a entrada da matéria-prima até a expedição do produto acabado e logística de distribuição, por exemplo. A forma de visualização facilita a compreensão dos desperdícios e das possibilidades de melhoria no fluxo de operações, uma vez que se percebe o quanto o produto “anda” até ser finalizado. Da mesma forma, se o diagrama for implementado para analisar o fluxo de pessoas em uma linha de produção, poderá identificar o quanto cada pessoa envolvida na produção percorre em termos de distância, passos, movimentos, e como isso interfere na melhor condição de trabalho e, portanto, na produtividade.

De acordo com as melhores práticas metodológicas para construir um Diagrama Espaguete e analisar um fenômeno, devem ser seguidos alguns passos:

PASSO 1 - Decida o que será observado, se o fluxo de pessoas, se processos em uma determinada área da produção, se o caminho percorrido pelo produto em sua manufatura. Qual será o objeto da análise?

PASSO 2 - Desenho do *layout* da área tentando se aproximar o máximo possível da realidade. Não se preocupe se não possui habilidades de desenhista, a função aqui é entender onde estão localizados os objetos a serem observados. Recomenda-se o uso de folhas quadriculadas para tentar manter uma escala

proporcional e dar mais realidade à análise. Muitas indústrias possuem esses desenhos afixados em cada área ou é possível solicitar à gerência de operações.

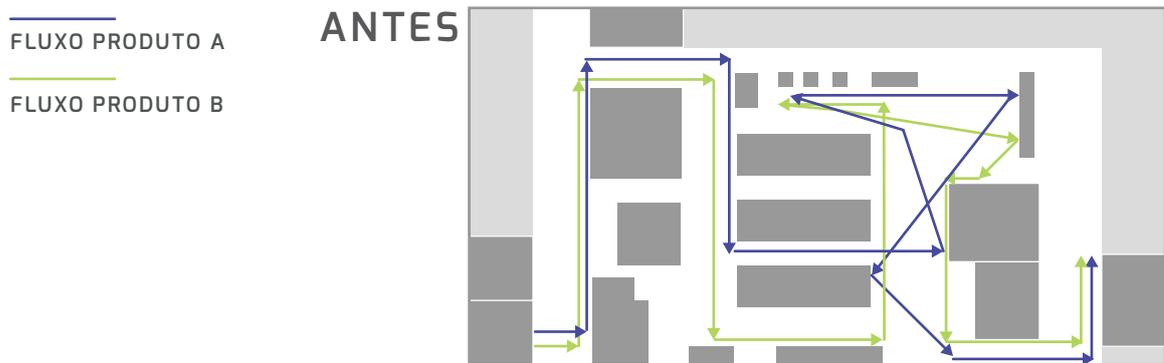
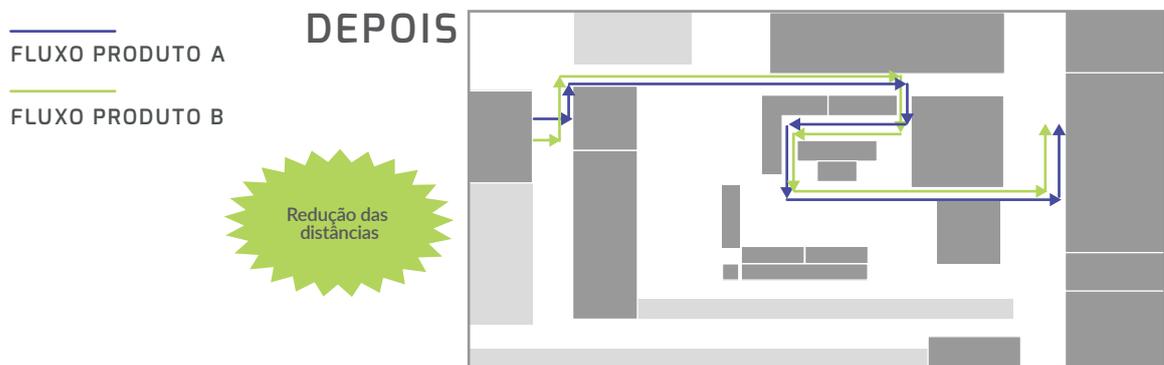
PASSO 3 - Vá ao chão da fábrica identificar os fluxos e desenhe estes fluxos no seu papel com o *layout* com setas indicando o andamento dos fluxos. É importante que estes fluxos sejam desenhados de forma a identificar a sequência. Pode ser utilizado, para isso, canetas com cores diferentes identificando as etapas ou atividades realizadas. Importante que os fluxos não tenham “quebras”, ou seja, é importante que seja possível percorrer todo o “espaguete” sem se perder. Indique áreas onde existem esperas, paradas de material, inspeções ou recarregamentos de estoques.

PASSO 4 - Analise os resultados obtidos para formatar novos processos, fluxos ou *layout*. Importante que essa análise seja realizada com o pessoal diretamente envolvido no processo produtivo que será afetado pelas mudanças. Consulte a equipe para saber se eles acham que as mudanças ajudam no seu trabalho.

PASSO 5 - Implemente as inovações.

Algumas ações podem incrementar o trabalho. Por exemplo, se o objeto de análise escolhido for o percurso realizado pelas pessoas em determinada área da produção, pode ser agregado ao estudo a contagem dos passos (com uso de um pedômetro que existe atualmente em quase todos os telefones celulares) e a verificação de distância percorrida na situação atual e na situação simulada. Ou mesmo a cronometragem do tempo do processo produtivo na situação atual e na situação proposta.

Como forma de entender melhor a visualização do diagrama, apresentam-se as duas imagens abaixo. A primeira apresenta um fluxo em sua situação atual e a segunda o fluxo redesenhado a partir do Diagrama Espaguete.

FIGURA 7 FLUXO ATUAL SEM ALTERAÇÕES PROPOSTAS**FIGURA 8** LAYOUT IMPLEMENTADO

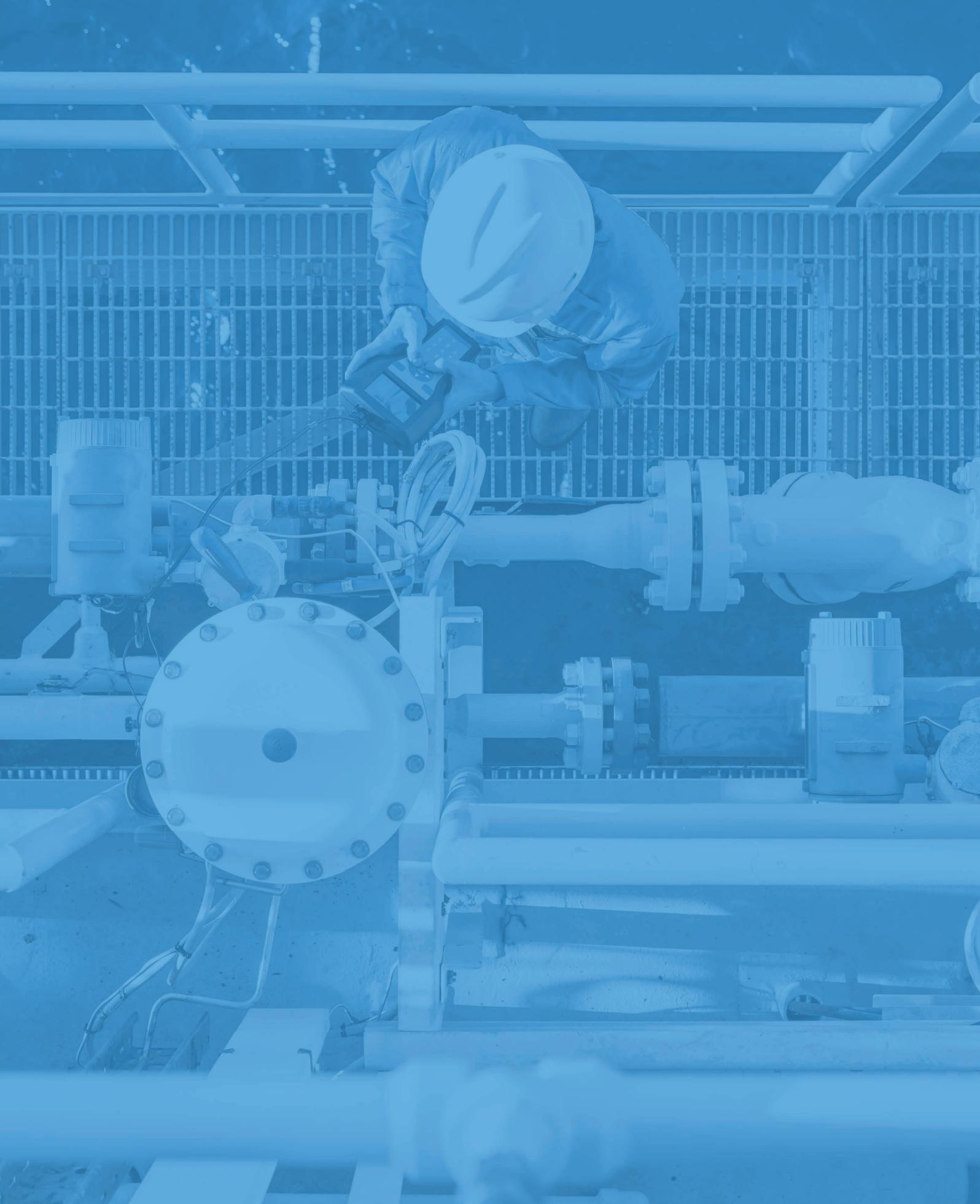
Fonte: www.numa.org.br (retirado de <http://www.administradores.com.br/artigos/negocios/diagrama-de-espaguete/69434/>)

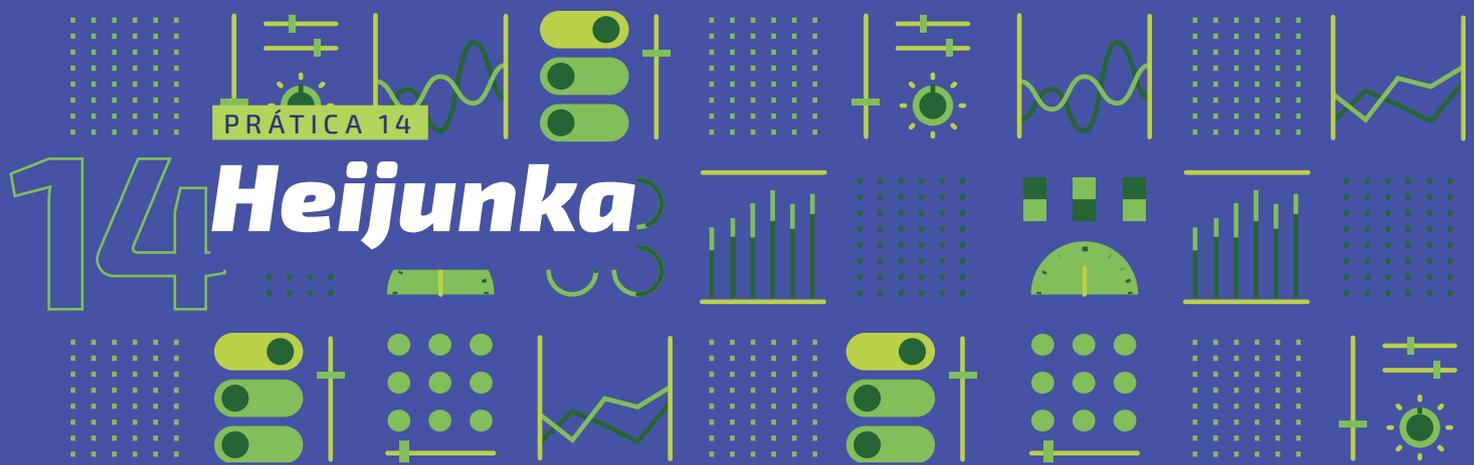
Neste caso específico, o Diagrama Espaguete foi utilizado para reduzir as distâncias percorridas pelo produto em um processo produtivo.

Por que é uma boa prática?

O Diagrama Espaguete ajuda na visualização de problemas que, normalmente, não seriam compreendidos por envolverem várias

pessoas, etapas e processos. Desta forma, se torna uma boa prática para a melhoria dos fluxos no processo produtivo, gerando maior agilidade, redução do tempo de *takt* e redução dos custos de produção. Portanto, melhoria no ambiente de trabalho, maior produtividade e menores custos.





O que é?

Heijunka é uma prática japonesa, originada na Toyota Motor Company, para nivelamento dos fluxos de produção através de uma programação de produção que minimize os efeitos das flutuações de produção em razão da variabilidade da demanda (sazonalidade ou efeitos relacionados ao aumento da demanda em curtos períodos de tempo). Como todas as empresas possuem ciclos de

pedidos, e passam por situações de abundância de pedidos e de escassez de pedidos, a ordem de produção deve ser flexível o suficiente para lidar com estas situações sem que a empresa tenha estoques de mais ou de menos para atender seu mercado em qualquer situação. Com o uso da prática de Heijunka, é possível montar uma ordem de produção com lotes formados por um *mix* de produtos, o que garante a manutenção de estoques mínimos proporcionais aos pedidos recebidos.

Como funciona?

A metodologia do *Heijunka* funciona através do uso do *Heijunka Box*, ou caixa de nivelamento. Tradicionalmente, as empresas utilizam ordens de produção de forma a evitar a necessidade de realização de *setup* de máquinas, ou seja, mudança de programação, ferramentas e configuração de máquinas e *layout* para produção de itens diferentes. Com isso, as ordens de produção são elaboradas com lotes de um mesmo item sendo produzidos em sequência. Imagine uma montadora de carros. No modelo tradicional, as ordens de produção são realizadas por modelo de veículo. Então se teria a ordem de produção organizada por lotes do mesmo modelo e cor de veículo. Imaginemos, então, que as ordens de serviço seriam divididas da seguinte forma:

Produção diária: 40 veículos

ORDEM DE SERVIÇO 1 - Produzir dez veículos do modelo “x” na cor branca;

ORDEM DE SERVIÇO 2 - Produzir cinco veículos do modelo “x” na cor vermelha;

ORDEM DE SERVIÇO 3 - Produzir dez veículos do modelo “x” na cor preta;

ORDEM DE SERVIÇO 4 - Produzir oito veículos do modelo “x” na cor prata;

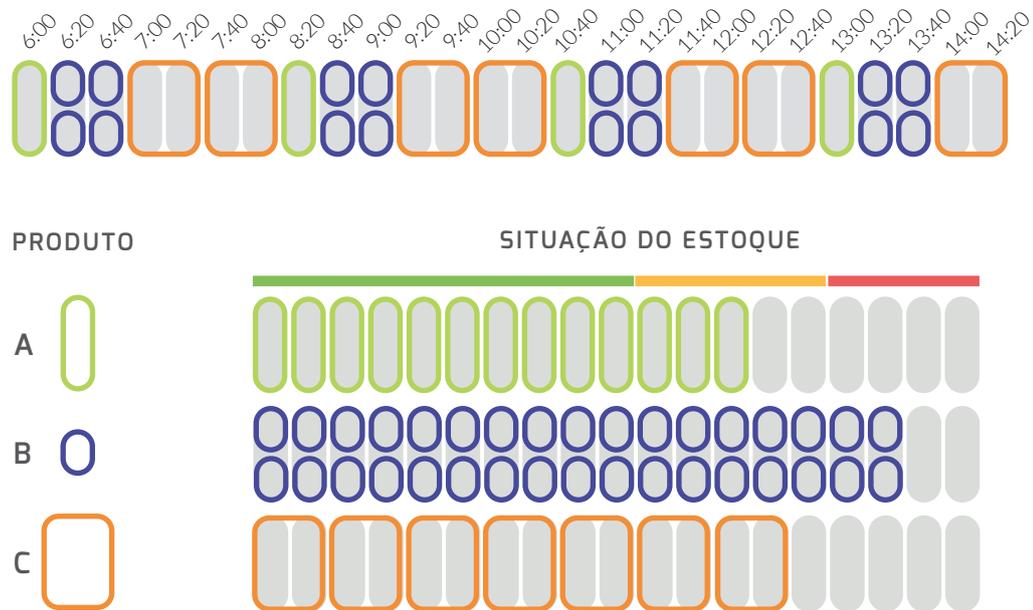
ORDEM DE SERVIÇO 5 - Produzir sete veículos do modelo “y” na cor branca.

Porém, a formação de lotes de um único item aumenta a pressão pelas vendas e engessa a indústria para lidar com as flutuações da demanda. O que aconteceria com essa empresa se fosse registrado em um dia um pedido de dez veículos do modelo “y” na cor branca e apenas um veículo do modelo “x” na cor preta? Faltaria veículos do modelo “y” para atender a demanda e sobraria estoque do modelo “x” de cor preta.

A prática do *Heijunka* tem por objetivo reduzir os problemas gerados pela flutuação da demanda e ajustar melhor os estoques aos níveis mínimos. A figura abaixo mostra de que forma o sistema funciona.

FIGURA 9 HEIJUNKA BOX E O PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO

ORDEM DE PRODUÇÃO



Fonte: <https://www.citisystems.com.br/heijunka/>

A ordem de produção do dia é formada por um *mix* de produtos a cada lote, intercalando os itens a serem produzidos e mantendo os níveis de estoques dentro do considerado ótimo. Como apresentado na figura que representa o *Heijunka Box*, a ordem de produção do dia indica a produção do produto A às 6h, depois a produção do produto B às 6h20 e às 6h40, depois a produção do produto C às 7h e às 7h40. Nesse exemplo, esta sequência forma o lote de produção, considerando que o produto A leva 20 minutos para ser produzido, o produto B leva 10 minutos e o produto C dura 40 minutos em sua produção e, assim sendo, a ordem do lote de produção poderia ser representada como ABBBCC com 2h20 de tempo de produção total deste lote.

A figura apresenta, ainda, como fazer a gestão

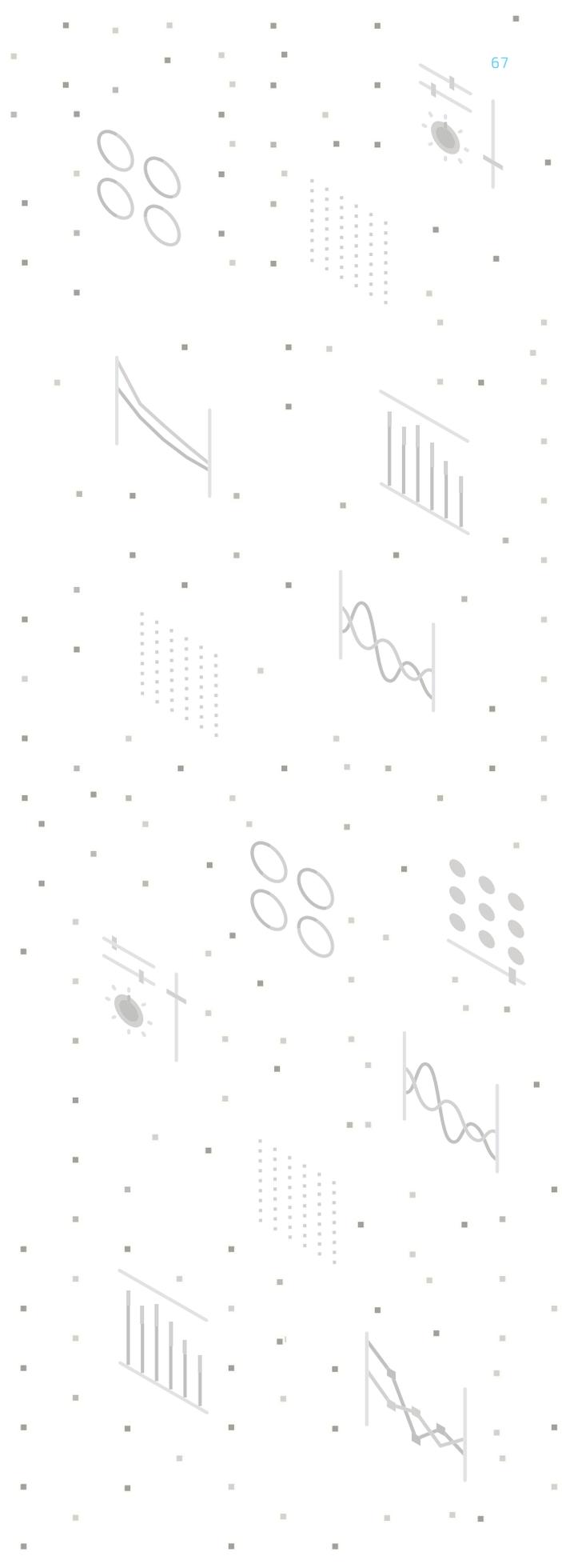
dos estoques utilizando o *Heijunka Box*. Cada item é monitorado a partir de sua ordem de produção (ou seja, quando é vendido). Supondo que utilizando a situação hipotética adotada nas ordens de produção da indústria tradicional relatada mais acima, o produto A seja o veículo modelo "x" na cor branca, o item B seja o veículo modelo "x" na cor vermelha e o item C seja o modelo "x" na cor prata, o lote seria formado a partir do mix dos três veículos sendo produzidos de forma intercalada. O *Heijunka Box* funciona a partir do recebimento do pedido. A cada pedido recebido deve ser colocado um cartão no item de controle de estoque, sendo preenchido da esquerda para a direita. Quanto mais próximo do lado direito, maior a urgência na produção deste item e, portanto, deve-se alterar o lote de produção para dar vazão aos pedidos realizados.

Neste caso apresentado na figura, o item B deve ter preferência na ordem de produção, pois já está atingindo o limite nível de estoque de pedidos. Assim, cabe ao gestor da produção, alterar o lote da ordem de produção incluindo o cartão referente a este item na linha de produção, de forma que o operário ao se dirigir ao *Heijunka Box* veja qual o produto a ser produzido no próximo lote.

Este método permite à indústria ser flexível o suficiente para lidar com as flutuações de demanda sem ter que incorrer em custos e desperdícios, porém requer uma alta capacidade de adaptação da planta industrial e a redução do tempo de *setup* de máquinas a níveis mínimos.

Por que é uma boa prática?

A utilização da metodologia do *Heijuka* e do *Heijunka Box* na linha de produção promove a flexibilidade necessária para lidar com as variações de demandas que ocorrem de tempos em tempos nos mercados, sem que a empresa incorra em altos custos por estoque de produtos acabados nem deterioração de matéria-prima estocada e não utilizada. Além disso, nivela a produção de forma a gerar menos estresse nos funcionários e diminuir a necessidade de turnos extras de produção, contratações adicionais de funcionários em períodos sazonais ou uso de armazéns com superlotação de produtos acabados “encalhados”.



Como funciona?

O *Kaizen* representa uma filosofia que prega a possibilidade e a necessidade da melhoria contínua na vida em geral, nos aspectos pessoal, familiar, social e profissional. Do ponto de vista empresarial, a filosofia do *Kaizen* está relacionada com o desenvolvimento de uma cultura pela busca da melhoria contínua, reavaliando e analisando constantemente os processos produtivos, as relações de trabalho e o ambiente profissional.

De forma prática, o *Kaizen* deve ser utilizado tanto pelo corpo diretor de uma empresa quanto pelos funcionários da operação. O corpo diretor/gerência deve se ocupar em buscar melhorias continuamente para o modelo de negócio, o sistema de produção e os fluxos da cadeia de valor da empresa. Este *Kaizen* é denominado de “*Kaizen* de sistema ou de fluxo”.

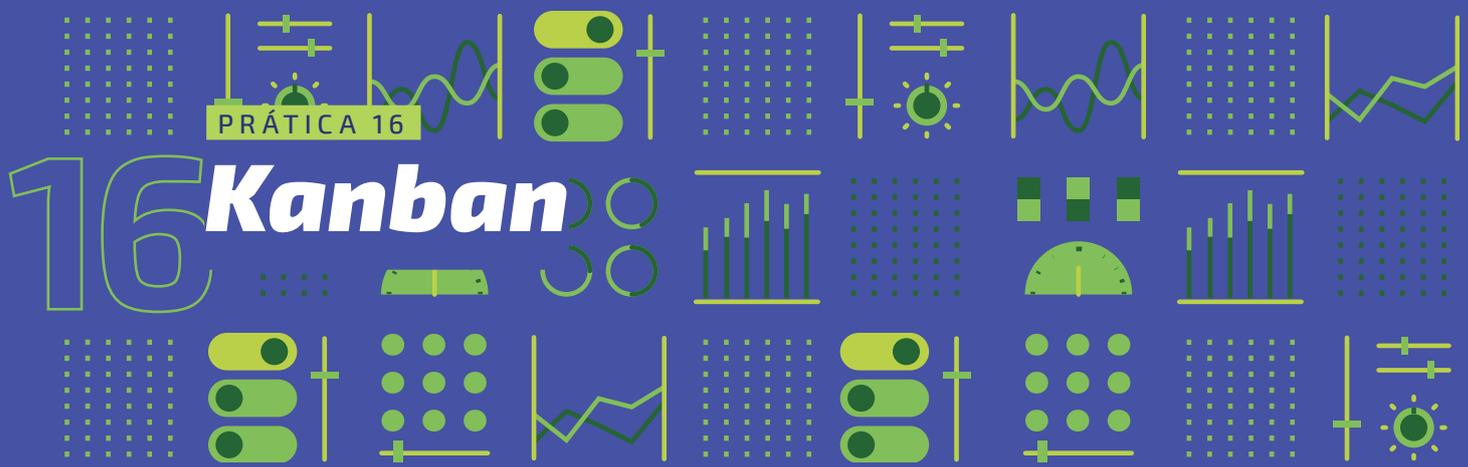
As equipes operacionais e líderes de produção devem se ocupar em buscar alternativas e melhorias continuamente nos processos produtivos e nas operações, ajudando a melhorar os fluxos de produção e gerar mais valor agregado, reduzindo desperdícios. Este *Kaizen* é denominado “*Kaizen* de processo”.

Por que é uma boa prática?

A busca pela melhoria de forma contínua é uma das armas mais poderosas das organizações líderes de mercado. Não se trata de manter um alto nível de inovações e lançamento de novos produtos, mas sim de manter uma filosofia em que todos buscam sempre ser melhores, aumentar a produtividade e melhorar o ambiente de trabalho para todos. A chave

para o *Kaizen* é a participação coletiva. Neste sentido, se torna uma boa prática não apenas por gerar mudanças e melhorias, reduzir custos operacionais e melhorar o ambiente de trabalho, mas também, e principalmente, por gerar o engajamento das equipes e das pessoas com a organização.

O KAIZEN BUSCA
ELIMINAR DESPERDÍCIOS
E IMPLEMENTAR
FERRAMENTAS BARATAS
E COM USO DE BOM
SENSO PARA MELHORAR
OS PROCESSOS
PRODUTIVOS E AS
PESSOAS



O que é?

O Kanban é uma prática considerada a base do sistema *just-in-time* do Modelo Toyota de Produção (também conhecido como Modelo de Produção Enxuta). O Kanban consiste em um sistema de controle de fluxo de informações dentro do sistema produtivo através do uso de cartões e quadros de sinais que informam as quantidades de produtos produzidos, movimentados e

consumidos na linha de produção. O Kanban é a forma encontrada pela Toyota Motor Company para administrar sua produção *just-in-time*, certificando-se que as mercadorias estejam disponíveis na quantidade adequada e no momento adequado para operar um sistema sem estoques intermediários nem estoques de produtos acabados abarrotados.

Como funciona?

A ideia por trás da construção do sistema *Kanban* é a produção denominada de “puxada”. O modelo Toyota de produção, ou produção enxuta, é caracterizado por ser um sistema de produção onde a ordem de produção é realizada a partir da venda e não a partir da projeção de vendas. Isso inverte a lógica de produção, pois, de partida, já é possível saber o que deverá ser produzido para ser entregue. Com isso, o sistema funciona “de trás para frente”, sempre com uma etapa posterior “puxando” os itens necessários na etapa anterior¹. Esta lógica de produção gerou a necessidade de se desenvolver um sistema que permitisse o abastecimento das peças necessárias à produção em cada etapa do processo sem a existência de estoques intermediários nem a ausência de estoques nas etapas anteriores que fizessem com que a linha de produção tivesse que parar. Esse modelo, denominado de *just-in-time* (peças no local exato no momento exato), precisava de uma forma de gerenciamento que organizasse o reabastecimento das estações de trabalho e as ordens de produção das etapas anteriores. Este modelo é o *Kanban*.

Segundo Ohno, o *Kanban* consiste em cartões retangulares dentro de uma pasta de vinil que contém informações sobre o item que está sendo transportado ou demandado a produção. O sistema funciona basicamente da seguinte forma:

- Uma etapa produtiva necessita de um componente para sua realização. De posse da sua ordem de produção (a quantidade de unidades que deverá produzir), o operador desta etapa se dirige à etapa anterior para pegar os itens que necessita. Neste caso, o operador deverá entregar o seu *Kanban* e receber as peças solicitadas, conferir e levar para sua estação de trabalho.

- O operador da etapa anterior afixa este *Kanban* recebido em uma nova caixa de peças assegurando as quantidades estabelecidas no *Kanban*.
- Quando o estoque diminuir a ponto de entrar em necessidade de produção, um cartão de *Kanban* é afixado no quadro de produção daquele item, iniciando uma demanda pela produção daquela quantidade do item estabelecida no *Kanban*.

O *Kanban* que circula entre as etapas da linha de produção é denominado de *Kanban* de movimentação, ou *Kanban* de retirada, enquanto que o *Kanban* afixado no quadro de produção, que inicia uma nova ordem de produção daquele item em específico, é denominado *Kanban* de produção. Desta forma, o *Kanban* de produção informa a um processo

anterior do fluxo operacional a necessidade de se produzir o tipo e a quantidade do item, enquanto que o *Kanban* de movimentação informa os tipos e quantidades de itens que estão circulando entre as etapas do processo.

Para que esse processo funcione corretamente, existem seis regras para utilização dos *Kanbans*:

O MODELO TOYOTA DE PRODUÇÃO, OU PRODUÇÃO ENXUTA, É CARACTERIZADO POR SER UM SISTEMA DE PRODUÇÃO ONDE A ORDEM DE PRODUÇÃO É REALIZADA A PARTIR DA VENDA E NÃO A PARTIR DA PROJEÇÃO DE VENDAS

1 Para maiores informações consultar a prática “Produção just-in-time” neste Guia.

FUNÇÕES DO KANBAN	REGRAS PARA UTILIZAÇÃO
1. Fornecer informação sobre apanhar ou transportar.	1. O processo subsequente apanha o número de itens indicados pelo <i>Kanban</i> no processo precedente.
2. Fornecer informação sobre a produção.	2. O processo inicial produz itens na quantidade e sequência indicadas pelo <i>Kanban</i> .
3. Impedir a superprodução e o transporte excessivo.	3. Nenhum item é produzido ou transportado sem um <i>kanban</i> .
4. Servir como uma ordem de fabricação afixada às mercadorias.	4. Serve para afixar um <i>Kanban</i> às mercadorias.
5. Impedir produtos defeituosos pela identificação do processo que os produz.	5. Produtos defeituosos não são enviados para o processo seguinte. O resultado é mercadorias 100% livres de defeitos.
6. Revelar problemas existentes e manter o controle de estoques.	6. Reduzir o número de <i>Kanbans</i> aumenta sua sensibilidade aos problemas.

Fonte: O sistema de produção Toyota: além da produção em larga escala.

O sistema *Kanban* começou a ser implementado de formas diferentes e usando formas de representação diferentes, utilizando códigos de cores e representações diver. O *Kanban*, atualmente, é utilizado para diversas situações e inspirou muitas outras ferramentas de controle de produção e controle de desenvolvimento de atividades, estoques, prestação de serviços e outros setores.

Por que é uma boa prática?

O *Kanban* é uma ferramenta extremamente importante nas indústrias que utilizam o sistema de *just-in-time* ou a produção “puxada”,

pois é o sistema de gerenciamento que garante a manutenção dos estoques mínimos e o abastecimento das peças e materiais no momento exato no local exato. Este sistema revolucionou a indústria automobilística mundial e expandiu seu uso para quase todas as áreas econômicas. O sistema é capaz de manter o controle visual das necessidades de produção e reposição de estoques e peças de forma a garantir o bom funcionamento da linha de produção. Neste sentido, reduz os desperdícios e as perdas operacionais, além de melhorar a produtividade e agilidade no processo produtivo.

2 Todas as peças e materiais devem ter, sempre, um *kanban* anexado. Não existe circulação de peças e materiais sem *kanban*.



17 Manutenção Produtiva Total

O que é?

A Manutenção Produtiva Total (do inglês Total Productive Maintenance – TPM) é uma metodologia que pretende eliminar os desperdícios relacionados ao uso das máquinas no processo produtivo. A exemplo da eliminação das perdas associadas aos fluxos e processos na linha de produção, a TPM se ocupa de analisar de que forma é possível reduzir as perdas associadas a (i) quebras de máquinas; (ii) tempo de *setup*

de máquinas; (iii) perdas de ciclo; (iv) paradas curtas; (v) sucata; e (vi) retrabalho.

O uso da prática da TPM tem por principal objetivo eliminar as causas que levem à parada de máquinas que afetem o ciclo produtivo, como, por exemplo, quebras, falhas que levem à parada da linha de produção, retrabalhos, acidentes com operadores, entre outros fatores que possam interromper o processo produtivo e gerar perdas.

Como funciona?

O princípio que norteia o desenvolvimento da Manutenção Produtiva Total estabelecido na Toyota Motor Company é o de que o valor efetivo de uma máquina difere de seu valor contábil. Segundo Ohno, “Se um equipamento comprado na década de 20 é mantido, e pode garantir, no momento, um nível de operação próximo a 100% e se ele pode suportar a carga de produção a ele destinada, o valor da máquina não diminuiu em nada. Por outro lado, se uma máquina comprada no ano passado tem recebido uma manutenção precária e produz somente metade do seu nível de produção devemos considerar seu valor como tendo diminuído 50%”.

Portanto, o valor de uma máquina não deve ser determinado pelo seu tempo de serviço, mas sim pela sua capacidade de carga e uso que ainda possui. Porém, para que a máquina se mantenha com alto poder de uso é necessário que sejam realizadas manutenções adequadas ao longo do tempo, de forma a garantir que este maquinário estará sempre pronto para uso em qualquer circunstância de carga.

Assim, a Toyota definiu como elementos essenciais a um sistema de Manutenção Produtiva Total:

ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DOS EQUIPAMENTOS. Assim como os produtos e as pessoas, as máquinas também possuem um ciclo de vida que deve ser observado para se elaborar um plano de TPM. O nível de atenção e a frequência da manutenção deve ser regulada em razão do tempo de uso e da carga suportada pela máquina. Ao longo do ciclo de vida da máquina, as manutenções vão se tornando mais frequentes e mais profundas, analisando as razões de defeitos existentes e ajustando pontos fracos de *design*, melhorias nas engrenagens, substituição de peças, sempre identificando a causa raiz e impedindo que os problemas ocorram novamente.

ANALISAR AS RAZÕES DA INEFICIÊNCIA NO USO DOS EQUIPAMENTOS. A busca constante pela melhoria é uma filosofia na indústria japonesa, marcadamente na Toyota onde se originou a base dos conceitos da produção enxuta. Neste caso, os processos de *setup* de máquinas necessários para implementar as ordens de produção baseadas no *Heijunka*¹, chegavam a levar mais de um dia. Ao longo de anos de estudos e tentativas de melhorias nas máquinas e nos processos de *setup*, a empresa conseguiu reduzir esses prazos para alguns minutos, permitindo a fabricação de lotes de produção com *mix* alternado de produtos, essencial para o sistema de gestão de baixo estoque e nivelamento operacional pretendido pela Toyota.

PARTICIPAÇÃO DE TODOS. O termo “Total” do nome Manutenção Produtiva Total é utilizado para elucidar a participação de todos e a necessidade de envolvimento de toda a empresa na manutenção dos equipamentos. Desde o operador, que possui um *checklist* de ações e verificações diárias de seus equipamentos, até os gerentes que devem garantir que os processos serão executados, que os problemas identificados serão analisados e que as contramedidas propostas serão implementadas. Cada um na cadeia tem um papel e deve comprometer-se a realizar sua parte no sistema de Manutenção Produtiva Total.

VISÃO SISTÊMICA TOTAL. Compreender que a Manutenção Produtiva Total precisa envolver atividades de suporte também para melhor capacitar os operários para operar suas máquinas, investir na qualificação da equipe de suporte e engenharia que deverá consertar os equipamentos, garantir a existência de peças de reposição, manter controles sobre ocorrências nos equipamentos ao longo de seu ciclo de vida e envolver os fornecedores nas soluções propostas através de *feedbacks* que ajudem na melhoria dos equipamentos que serão produzidos futuramente.

1- Para maiores informações, consultar a prática “Heijunka” neste Guia.

Por que é uma boa prática?

A Manutenção Produtiva Total começa com o operador da máquina que tem o dever de analisar diariamente as condições gerais do equipamento, tais como verificar a lubrificação, limpar a máquina antes de iniciar seu uso e, ao final do dia, observar as condições gerais e, em caso de detectar alguma anomalia, informar imediatamente ao supervisor responsável. A TPM é considerada uma boa prática:

- Por reduzir as quedas e paradas repentinas que afetem o processo produtivo;
- Aumentar a produtividade e eficiência da planta industrial;
- Melhorar a qualidade dos produtos, diminuir os defeitos e as perdas;
- Reduzir os custos;
- Reduzir os acidentes de trabalho; e
- Melhorar o ambiente de trabalho e a auto-gestão dos funcionários que são parte essencial do sistema de Manutenção Produtiva Total.





18 Mapeamento de Fluxo de Valor

O que é?

A metodologia de Mapeamento de Fluxo de Valor consiste em representar graficamente o processo produtivo, em toda sua extensão, desde a entrada das matérias-primas até a entrega do produto ao seu cliente final. A prática consiste em desenhar o fluxo de materiais e informações de forma a compreender como ocorre o processamento da matéria-prima e a construção dos produtos até chegar às mãos do cliente final.

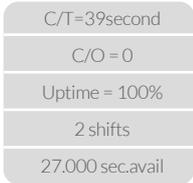
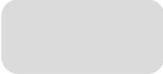
Esta metodologia é muito utilizada para verificar as etapas da produção que agregam valor ao produto e devem ser consideradas prioridades e também os pontos de atenção, gargalos e potenciais de melhoria.

Como funciona?

Seguindo uma notação técnica existente, deve ser construído o mapa que percorra o caminho

realizado pela entrega da matéria-prima pelo fornecedor e todas as etapas que ocorrem de forma sucessiva na transformação desta matéria-prima em produto acabado e entrega ao cliente final. A notação utilizada é apresentada na figura abaixo.

FIGURA 10 EXEMPLO DE NOTAÇÃO TÉCNICA PARA CONSTRUÇÃO DE MAPA DE FLUXO DE VALOR

	FONTE EXTERNA		FLUXO DE INFORMAÇÃO ELETRÔNICA
	CAIXA DE DADOS		FLUXO DE INFORMAÇÃO MANUAL
	CAIXA DE PROCESSOS		SISTEMA PUXADO
	OPERADORES (MÚLTIPLOS)		SISTEMA FIFO (PRIMEIRO QUE ENTRA, PRIMEIRO QUE SAI)
	INBOX (FILA DE INFORMAÇÃO)		CAIXA DE INFORMAÇÃO
	INVENTÁRIO E WIP (WORK IN PROGRESS)		FLUXO DE ENTREGA
	LINHA DO TEMPO SEGMENTADA		CAMINHÃO DE ENTREGA
	FIM DE LINHA DO TEMPO		KANBAN
			SISTEMA DE CARGA E DESCARGA
			SISTEMA SEQUENCIADO PULL BALL
			ATIVIDADE MELHORADA

A partir destas figuras, deve ser elaborado o mapa que identifique o fluxo que adiciona valor à matéria-prima. Assim, devem ser seguidos alguns passos para utilização da ferramenta de mapa de fluxo de valor de forma correta:

IDENTIFICAR O OBJETO DO ESTUDO. Ou seja, qual o produto ou a família de produtos que será analisada? Uma indústria pode produzir diversos itens em sua linha de produção que utilizam diversas matérias-primas e processos diferentes e são entregues a clientes diferentes. Assim, cada item deste deverá ter seu próprio mapa de fluxo de valor. Portanto, inicialmente deve ser decidido o objeto a ser estudado;

DESENHAR O MAPA DE FLUXO DE VALOR ATUAL. Utilizando uma notação técnica percorra toda a cadeia do que acontece com o produto desde a entrega da matéria-prima pelo fornecedor até a sua expedição ao cliente final. Importante reunir as pessoas envolvidas em cada etapa do trabalho e percorrer esse fluxo na prática, no chão de fábrica. Identifique onde começa e onde termina cada etapa envolvida no fluxo, quantas pessoas trabalham em cada etapa, qual o tempo que leva para percorrer cada etapa e a capacidade de processamento de cada etapa. Também devem ser agregadas informações de fornecedores, tempo de entrega de pedidos dos fornecedores, tempos/etapas de espera entre processos, e todas as informações de como ocorre nas condições atuais;

ANALISAR A SITUAÇÃO ATUAL. Após conhecer o fluxo atual e ter o mapa desenhado, se torna mais fácil compreender o processo como um todo e verificar onde existem perdas, desperdícios e ociosidades ou gargalos e etapas superlotadas. De posse do mapa é possível verificar quais as etapas que agregam valor ao produto, quais as que são indispensáveis mas não agregam valor, e quais

geram perdas operacionais, e facilitar, por exemplo, o desenvolvimento do Diagrama de Balanceamento Operacional¹. Qual o tempo de espera entre as etapas? Como podemos reduzir esses tempos? Quanto de recurso está sendo utilizado? É suficiente? Ou é possível reduzir? São algumas das perguntas que podem ser respondidas com este mapeamento;

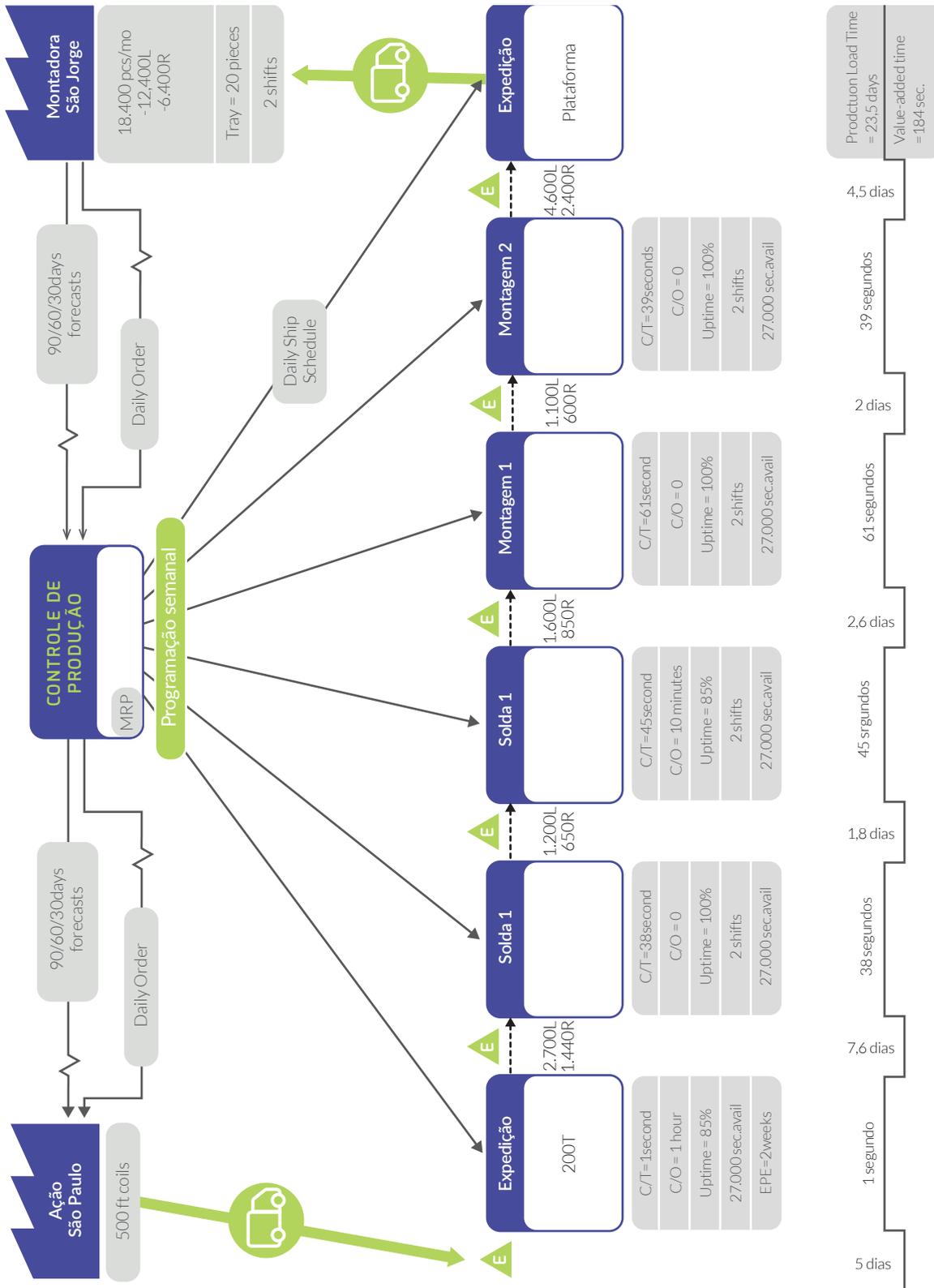
CRIAR ALTERNATIVAS PARA MELHORAR SEU MAPA DE FLUXO DE VALOR. Após analisar sua situação atual, o próximo passo é discutir com os envolvidos ações que possam melhorar o fluxo da produção, reduzir custos e perdas operacionais. Os principais objetivos nesta etapa, normalmente, se concentram na redução de esperas e estoques intermediários, mas podem ser necessárias ações para melhorar o balanceamento da produção ou mesmo a redução do tempo total de produção, por exemplo; e

DESENVOLVER UM PLANO DE AÇÃO PARA IMPLEMENTAR AS MUDANÇAS. Definidas as ações que deverão ser implementadas, é necessário criar um plano de ação para implementá-las. Podem ser úteis ferramentas como o PDCA ou o Ciclo LAMDA ou mesmo a metodologia A3.

Alguns autores defendem que as propostas de melhorias devem ser implementadas em até um ano. Passando deste tempo, é recomendável analisar novamente o fluxo, elaborando um novo mapa de forma a se trabalhar sempre com a situação atual mais próxima da realidade. De forma ilustrativa, apresenta-se abaixo uma figura com um mapeamento do fluxo de valor em situação atual e futura.

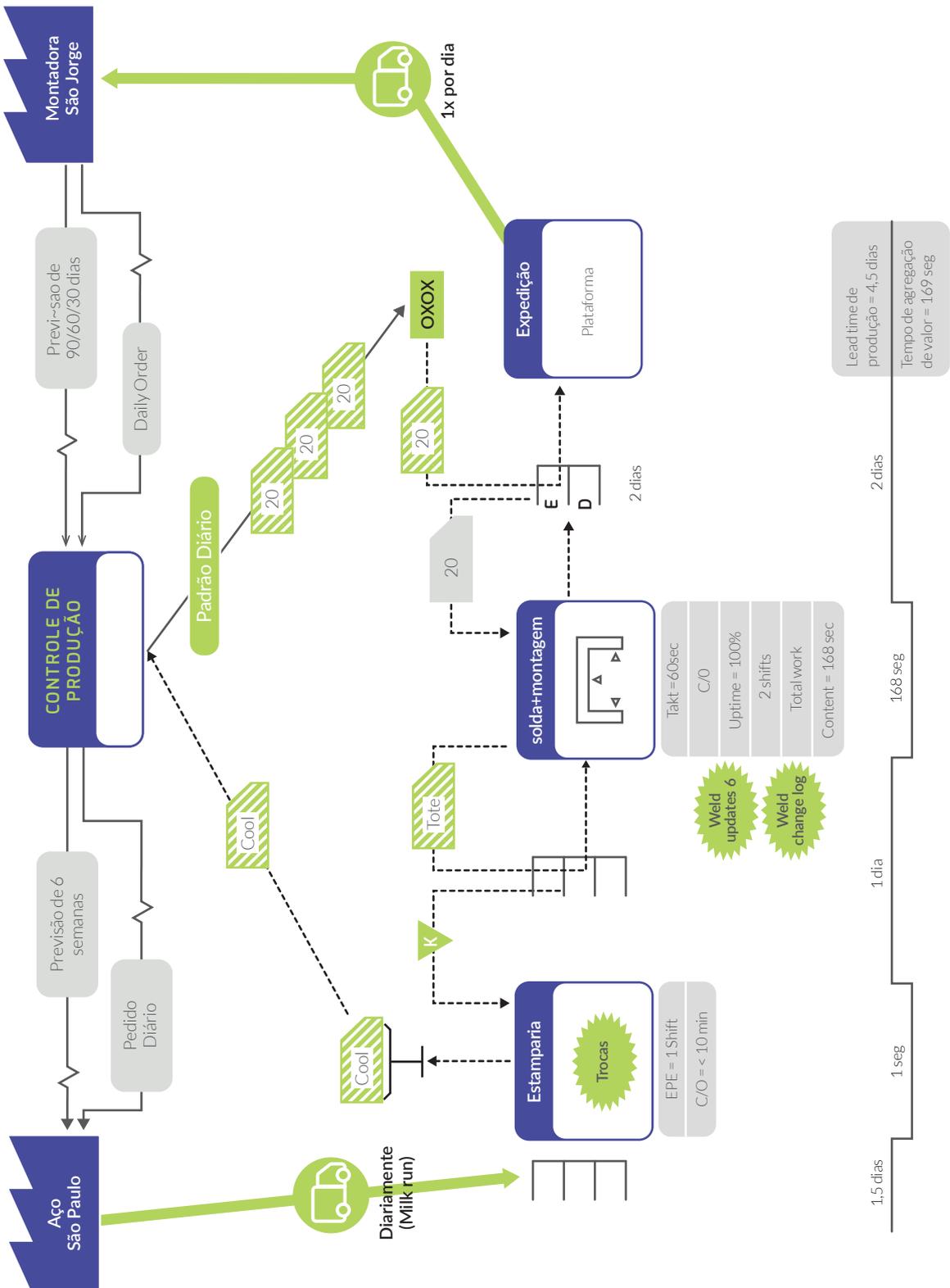
1. Para maiores informações, acessar "Diagrama de Balanceamento de Operador" neste Guia.

FIGURA 11 MAPA DO FLUXO DE VALOR – SITUAÇÃO ATUAL



Fonte: Rother e Shook, citados em [https://www.lean.org.br/conceitos/72/mapeamento-do-fluxo-de-valor-\(vsm\)---estado-atual-e-futuro.aspx](https://www.lean.org.br/conceitos/72/mapeamento-do-fluxo-de-valor-(vsm)---estado-atual-e-futuro.aspx).

FIGURA 12 MAPA DE FLUXO DE VALOR – SITUAÇÃO FUTURA



Fonte: Rother e Shook, citados em [https://www.lean.org.br/conceitos/72/mapeamento-do-fluxo-de-valor-\(vsm\)---estado-atual-e-futuro.aspx](https://www.lean.org.br/conceitos/72/mapeamento-do-fluxo-de-valor-(vsm)---estado-atual-e-futuro.aspx).

19 Métodos Preditivos de Vendas

O que é?

Como o próprio nome já antecipa, a prática de Métodos Preditivos de Vendas tem por principal objetivo a realização de previsões e projeções de vendas para ajudar no ajuste da linha de produção no tempo, reduzindo os picos de produção e nivelando o ciclo de ordem de produção. Estes modelos tentam prever ou antecipar as vendas futuras, baseando-se em informações

coletadas no mercado, nos clientes e nas experiências passadas.

Estes modelos preditivos de vendas são essenciais para as indústrias que atuam no modelo de produção empurrada e precisam constantemente ajustar suas ordens de produção às vendas realizadas de forma a reduzir os estoques de produtos intermediários e acabados.

Como funciona?

Os Métodos Preditivos de Vendas podem ser construídos basicamente de duas formas: (i) utilizando informações qualitativas ou (ii) utilizando métodos quantitativos.

Os modelos de previsão de vendas que utilizam informações qualitativas são denominados métodos qualitativos e basicamente consistem em basear as projeções de vendas em informações coletadas com pessoas que possuam conhecimento do mercado, consultores, formadores de opinião ou mesmo com as experiências passadas de seus gestores. Os métodos qualitativos avaliam tendências e relações causais para tentar compreender a dinâmica do mercado e o comportamento provável da demanda. Apesar de parecer extremamente simples e pouco científico para levar em consideração na tomada de decisão estratégica, os modelos qualitativos também são estruturados de forma a ter consistência em suas projeções. Basicamente se utilizam três possíveis métodos qualitativos para realizar as projeções de vendas;

ABORDAGEM DE PAINEL - A ideia por trás de um painel é juntar a maior quantidade possível de pessoas que tenham conhecimentos sobre o tema a ser explorado e extrair deste grupo pontos de consenso ou tendências gerais de comportamento que norteiem a decisão sobre o nível de produção que a empresa deverá adotar para o período em estudo. Neste caso, seriam reunidos especialistas do setor, representantes da associação representativa, gerente de vendas, gerente de produção, diretores da empresa, pessoas que possam fazer avaliação sobre como imaginam que a demanda irá se comportar no próximo período. Esta abordagem evita que a opinião de um único gerente ou diretor se torne a decisão sobre o nível de produção

a ser adotado, embora ainda contenha um grande componente de incertezas e variáveis não controláveis que devem ser consideradas na tomada de decisão sobre as ordens de produção;

MÉTODO DELPHI - Este método qualitativo também recorre a especialistas para opinar sobre as situações em análise, com a diferença de não haver a existência de um painel, ou seja, os participantes não se encontram. Neste caso, são enviados a todos os participantes um documento e se solicita sua opinião sobre as perguntas ou itens constantes neste documento. As respostas divergentes são reenviadas para os autores que discordem, anonimamente, solicitando sua opinião sobre aquele ponto de vista. Esta metodologia tenta encontrar convergências e o fato de os participantes não se conhecerem e não terem contato face a face torna o método mais consistente, pois evita a intimidação e o poder da oratória sobre as ideias apresentadas. Este modelo pode ser aplicado até que sejam encontrados os pontos de consenso que deverão nortear a decisão final; e

PLANEJAMENTO COM CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS - A análise de ambientes de incerteza pode ser realizada através da construção de cenários que simulam situações possíveis de uma realidade a partir da definição de um conjunto de variáveis a serem analisadas. Por exemplo: no caso da construção de cenários para projeção de vendas, podem ser adotadas como premissas do estudo o comportamento dos consumidores (vão aumentar o consumo ou diminuir?), a concorrência (vai aumentar ou diminuir?) ou até mesmo fatores macroeconômicos como emprego, renda e inflação. Todos estes elementos podem ser analisados na criação de cenários prospectivos. Um dos métodos mais utilizados, denominado método de Godet¹, combina técnicas de coleta de informações, discussão com especialistas

1. Para maiores informações, buscar GODET, Michel. Manual de prospectiva estratégica – da antecipação à ação. Lisboa; Dom Quixote,

para identificar possibilidades e tendências e realiza a construção de cenários prospectivos. Estes cenários podem ser elaborados em formatos explorativos (cenário pessimista, cenário tendencial e cenário otimista) ou podem ser avaliados em razão da construção de uma Matriz de Motricidade x Dependência (modelo que avalia de que forma as variáveis influenciam ou dependem uma da outra) para selecionar as variáveis que devem ser levadas em consideração na hora da elaboração dos cenários.

Já os Modelos Preditivos de Vendas quantitativos utilizam dados e criam modelos de simulação matemáticos para tentar prever comportamentos de vendas no período em análise. Os principais modelos quantitativos utilizados para previsão de vendas são:

ANÁLISE DE SÉRIES TEMPORAIS - Este modelo avalia o padrão de comportamento passado do fenômeno em estudo, no caso as vendas, ao longo do tempo e tenta identificar fatores que levaram ao aumento ou diminuição da demanda para, assim, tentar prever como será o comportamento futuro desta demanda. Como forma de se eliminar os efeitos de variações aleatórias do histórico de vendas, podem ser utilizados dois métodos para analisar as séries temporais:

- Previsão de demanda baseada na média móvel: a média móvel é uma medida estatística que utiliza o valor médio do fenômeno observado ao longo de um determinado número de períodos. No caso de se utilizar como método preditivo de vendas, deverá ser definido o período a ser considerado – semana, mês, trimestre – e, a partir desta determinação, levantar os volumes vendidos nos últimos períodos (normalmente entre quatro e sete). A partir

deste levantamento se calcula o valor médio para projetar a estimativa de vendas para o próximo período. Porém, deve-se tomar o cuidado de sempre atualizar os períodos, não devendo ser utilizado nenhum período anterior ao que tenha sido definido. Se a empresa optar por utilizar como medida o volume de vendas semanal e desejar utilizar um total de cinco semanas para fazer o cálculo da média móvel, devem ser levantados os volumes de vendas das cinco semanas anteriores e assim calcular a média, que será a projeção de vendas para a semana seguinte. Porém, uma vez que a semana acabe, o volume total de vendas realizadas deve ser utilizado no cálculo da próxima média, ou seja, a semana que foi projetada, ao terminar se torna a primeira semana do próximo período para projeção seguinte.

- Previsão exponencialmente ajustada: este método se difere do anterior por não utilizar apenas duas informações no cálculo da projeção de vendas (i) a quantidade efetivamente vendida na semana anterior e (ii) a quantidade que havia sido projetada para esta semana antes dela ocorrer. Ou seja, parte-se do princípio de que as vendas realizadas no último período são mais importantes do que as vendas realizadas nos períodos anteriores a isso e que o fato de se utilizar a projeção realizada anteriormente para o período já nivela as médias. Neste caso, se a empresa decidir utilizar esta metodologia basta identificar a quantidade vendida no período e a quantidade que havia sido projetada para este período e aplicar um fator de ajuste às duas informações. Neste caso, para fazer o cálculo da previsão exponencialmente ajustada deve ser utilizada a fórmula:

$$P_t = \alpha A_{t-1} + (1-\alpha) P_{t-1}$$

Onde:

P_t = Projeção para o próximo período

α = Constante de ajuste

A_{t-1} = Vendas realizadas no período anterior

P_{t-1} = Projeção de vendas realizadas para o período anterior

Porém, para alguns estudiosos do tema, mesmo estes métodos qualitativos não são suficientes para realizar projeções mais acuradas pois não levam em consideração fatores externos que podem afetar o comportamento da demanda, nem os períodos de sazonalidade ou mesmo demandas reprimidas. Para estes estudiosos é possível utilizar um método qualitativo mais acurado:

- Modelos causais: os modelos causais são métodos preditivos de vendas quantitativos desenvolvidos através do estudo das relações de impacto entre variáveis que podem afetar a demanda de uma organização. Este modelo pretende compreender quais as variáveis que possuem poder de influenciar negativa ou positivamente a demanda pelos produtos de uma indústria em estudo e, a partir disso, projetar a demanda futura. A partir de modelos econométricos de regressão é possível associar o aumento ou diminuição da demanda pelo produto em razão de variáveis explicativas. Um exemplo simples é citado por Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018): “Suponhamos que um fabricante de sorvetes esteja tentando prever suas

vendas futuras. Depois de examinar a demanda precedente, percebe que a principal influência sobre a demanda na fábrica é a temperatura média da semana anterior. Para entender essa relação, a empresa faz um gráfico de demanda em função das temperaturas da semana anterior. (...) usando este gráfico a empresa pode fazer uma previsão razoável da demanda, conhecendo a temperatura média, desde que as outras condições existentes no mercado permaneçam razoavelmente estáveis. Caso seja necessário o modelo de regressão pode receber mais informações de outras variáveis e testar a resposta da demanda neste contexto, tornando o sistema cada vez mais complexo e completo.”

Os modelos preditivos de vendas podem ser mais simples ou mais complexos, a depender da necessidade da empresa. Indústrias que atuam em sistema de produção empurrado precisam ser mais precisos em suas previsões de vendas para não correr o risco de acabar com muito estoque, gerando custos desnecessários e altas perdas. Porém, mesmo entre estas indústrias, a necessidade de se projetar vendas e o grau de precisão destas projeções varia em função do mercado de atuação e dos produtos comercializados.

Modelos preditivos de vendas podem ser criados e aperfeiçoados com o tempo e a experiência, além de poderem se tornar cada vez mais robustos em função da quantidade de informações que recebem ao longo do tempo. Atualmente, as organizações estão despertando para o uso de *Big Data*s e Inteligência Artificial para ajudar a compreender fenômenos e relações antes despercebidas.

Por que é uma boa prática?

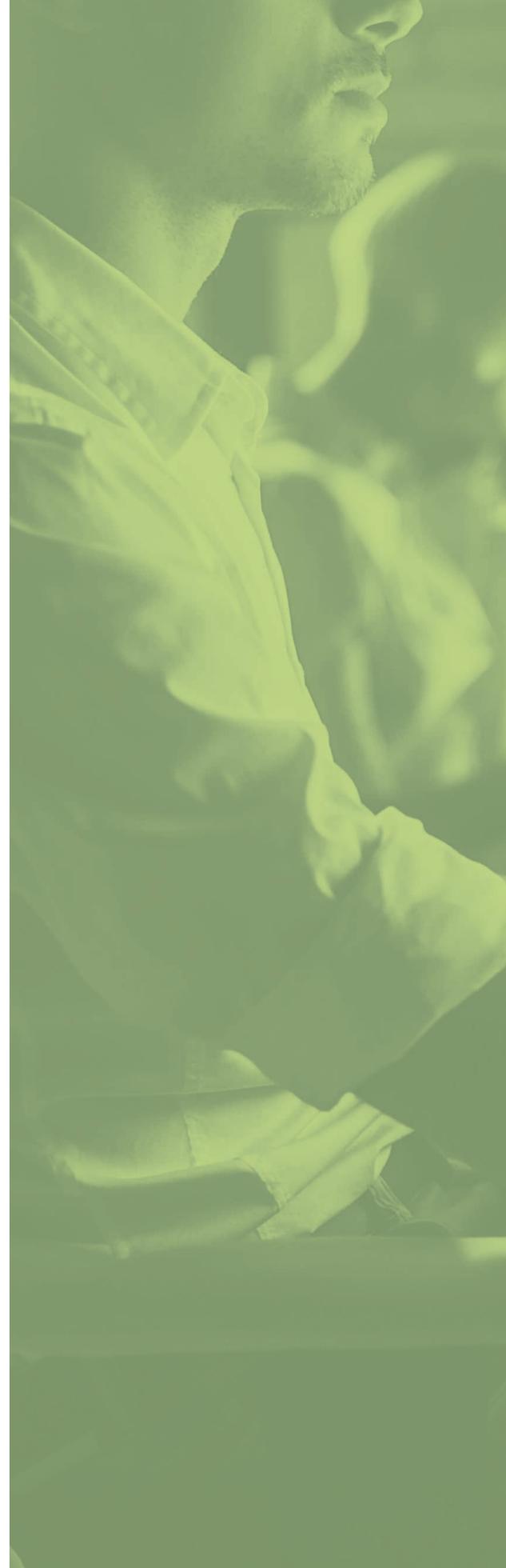
Os Métodos Preditivos de Vendas são fundamentais para ajustar a produção à demanda. Conforme já discutido anteriormente, um dos grandes problemas da indústria é a formação de estoques desnecessários, que demanda matéria-prima desnecessária e gera altos custos de armazenagem, movimentação, furtos e perdas. Os Métodos Preditivos de

OS MÉTODOS
QUALITATIVOS AVALIAM
TENDÊNCIAS E RELAÇÕES
CAUSAIS PARA TENTAR
COMPREENDER A
DINÂMICA DO MERCADO
E O COMPORTAMENTO
PROVÁVEL DA DEMANDA

Vendas podem ser extremamente eficazes, permitindo à indústria nivelar sua operação a partir de um conhecimento prévio do volume a ser entregue.

Em alguns casos, empresas que atuam em um modelo de produção “empurrado” podem usar Métodos Preditivos de Vendas para emular um sistema “puxado”, utilizando as informações destes métodos como sua demanda e, com isso, podem adotar ferramentas *lean* a partir deste “pulmão artificial”.

De uma forma geral, assume-se que os Métodos Preditivos de Venda qualitativos são mais assertivos quando utilizados para previsões de demanda no curto prazo, enquanto que os métodos preditivos quantitativos possuem maior robustez para projeções mais de longo prazo.





0.08100
0.08000
0.07900
0.07800
0.07700
0.07600
0.07500
0.07400
0.07300
0.07200
0.07100
0.07000
0.06900
0.06780
0.06700
0.06600
0.06500
0.06400
0.06300
0.06200
0.06100
0.06000

Sep Oct Weekly

20 Material Requirement Planning (MRP)

O que é?

O planejamento das necessidades de material é uma metodologia utilizada para ajustar a cadeia de suprimentos da organização, mantendo níveis de estoques de matéria-prima suficientes para manter as ordens de produção em andamento e atender o tempo takt da indústria sem que seja necessário alterar o controle da produção.

De forma mais clara, o MRP converte a previsão de demanda em uma programação de produção, indicando a

necessidade de matéria-prima necessária para atender a esta cadeia. Desta forma, baseando-se em informações de previsão de demanda, conhecendo todos os componentes necessários à fabricação do item e os tempos necessários para finalização das etapas, é possível criar um cronograma de produção com um cálculo atrelado da necessidade de estoques de material para evitar que a linha seja parada com falta de estoques.

Como funciona?

O sistema de MRP é um *software* que pode estar integrado a um ERP (*Enterprise Resources Planning*) e realiza o planejamento da produção e dos itens necessários à produção, baseando-se nas informações de:

- Cronograma de produção indicando a quantidade exata de produtos a serem produzidos: o cronograma deverá indicar quanto de cada produto se pretende fabricar, em que tempo, qual o tempo *takt* e a capacidade operacional das máquinas da linha de produção.
- Informações atuais de todo o inventário de estoque da empresa: níveis de estoque de todos os itens existentes na fábrica e tempo de entrega dos itens pelos fornecedores.
- BOM (*Bill of Materials*) para cada produto a ser fabricado: a lista de materiais e componentes necessários para fabricação de cada um dos itens.

Com base nestas informações, o sistema calcula a quantidade exata de material e componente necessário ao cumprimento do cronograma de produção estabelecido e compara com os níveis atuais de estoque, indicando a necessidade de se realizar a solicitação de novas compras de materiais e componentes junto a fornecedores.

Quanto mais informações existirem no ERP melhor a capacidade do MRP ser assertivo em seus cálculos e indicar as necessidades mais

acuradas de material. Por exemplo, se o ERP contém informações como o *Downtime*¹ médio da empresa é possível planejar melhor a entrega dos materiais para evitar estoque altos. Da mesma forma, se existirem informações sobre cálculo de estoque mínimo e máximo, o MRP poderá ajustar melhor os pedidos em função do cronograma de produção previsto.

Por que é uma boa prática?

O MRP pode ser uma importante ferramenta para ajudar na gestão da linha de produção e melhoria da produtividade, evitando a falta de materiais e componentes que podem levar a paralisação da linha de produção. Além disso, esta prática ajuda na manutenção de estoques necessários, evitando os excessos e as faltas de materiais, e ajuda no controle da programação de produção.

O MRP também é importante para verificar a viabilidade de produção dos lotes desejados no prazo desejado, a partir da verificação das informações de tempo de entrega dos fornecedores e *lead time* da produção, considerando o *downtime* e as paradas programadas, tempos de *setup* de máquinas e demais atividades necessárias à produção. Com isso, é possível fazer simulações de tamanhos de lotes máximos e tempo *takt* para a produção.

1. Tempo total em que a produção fica parada em um dado período.



PRÁTICA 21

21 Matriz de Kralijc

O que é?

A metodologia da Matriz de Kralijc é utilizada na gestão de compras e fornecedores, como uma prática que organiza os itens que precisam ser adquiridos para o processo produtivo em itens estratégicos, itens de alavancagem, itens de gargalo e itens não críticos. A partir da elaboração de uma matriz

com uma análise sobre (i) incerteza da oferta e (ii) impacto sobre o resultado financeiro, a Matriz de Kralijc classifica os itens e seus fornecedores para uma melhor gestão e acompanhamento dos estoques e compras.

Como funciona?

A elaboração da Matriz de Kralijc demanda a análise dos itens de estoque a partir de dois olhares: o risco de fornecimento (a incerteza de

ter oferta deste item sempre que necessário) e a importância deste item para o negócio (impacto sobre o resultado financeiro). A partir destas duas variáveis, os itens são dispostos em uma matriz conforme apresentado abaixo:

FIGURA 13 MATRIZ DE KRALIJC



Fonte: FGV.

Os Itens que possuem baixo impacto no negócio e baixo risco de suprimento são considerados não críticos e devem ocupar pouco tempo dos compradores na empresa. O ideal é que estes itens tenham um procedimento de compra diferenciado, mais simples e, se possível, informatizado com controles automáticos de pedidos em lotes econômicos de compras (LEC) já previamente estabelecidos.

Os itens que possuem baixo impacto no negócio mas alto risco de fornecimento são denominados críticos e constituem os gargalos da produção. Apesar de terem impacto reduzido sobre o resultado da empresa, podem gerar problemas de produção pelo desabastecimento. Estes itens podem ter poucos fornecedores ou são produtos novos no mercado, o que restringe bastante suas compras. O setor de compras deve estar constantemente procurando novos fornecedores para estes itens.

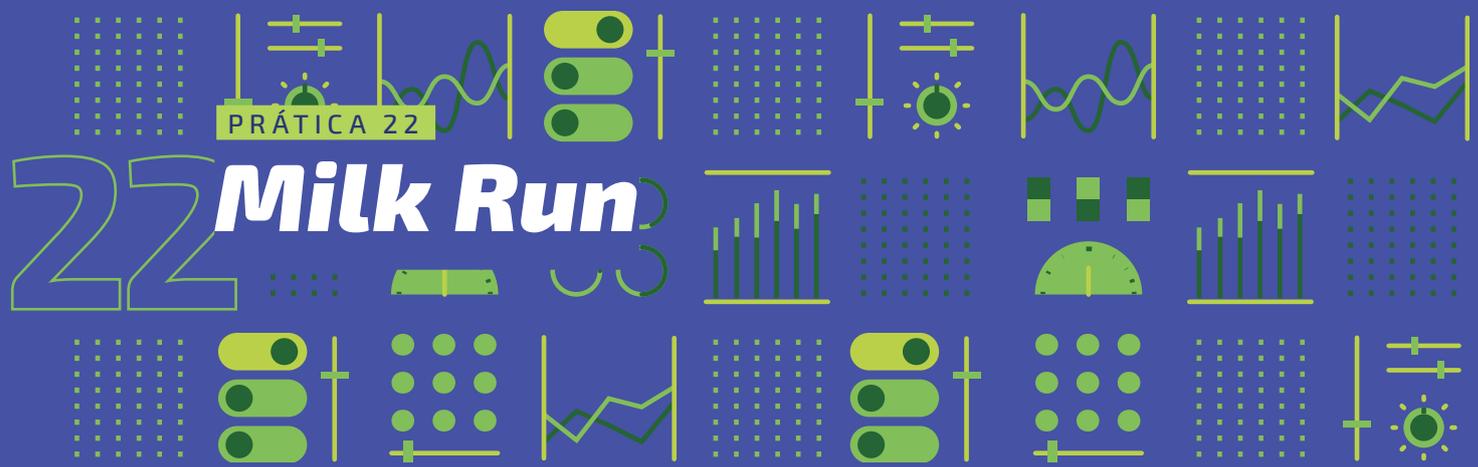
Os itens que possuem alto impacto no negócio e baixo risco de suprimento são considerados de alavancagem, pois é possível criar uma competição entre os fornecedores, que são abundantes, e com isso gerar ganhos significativos ao negócio, uma vez que estes itens possuem alto impacto sobre o resultado financeiro. Assim, a estratégia do setor de compras deve ser reduzir o custo de aquisição através da concorrência.

Por fim, os itens de alto impacto no negócio e alto risco de fornecimento são considerados estratégicos. Estes itens representam um nível elevado de dependência do fornecedor e a melhor estratégia é o desenvolvimento de uma relação de parceria com o fornecedor e, se possível, incentivar a criação de novos fornecedores. Algumas empresas optam por comprar uma operação e produzir alguns destes itens considerados mais estratégicos.

Por que é uma boa prática?

A análise realizada a partir da Matriz de Kralijc é fundamental para compreender quais os itens que podem representar risco à parada da linha de produção por falta de abastecimento ou aumento eventual de demanda. A utilização da metodologia é simples e pode apresentar informações importante para a gestão das compras e dos estoques na indústria. Além disso, melhorar as compras pode resultar em melhoria direta dos resultados da empresa, redução dos custos e aumento dos lucros.





O que é?

A metodologia do Milk Run consiste em reduzir o tamanho dos lotes de entregas e aumentar a frequência de entregas. Essa mudança no paradigma da logística faz com que as indústrias possam trabalhar com menores níveis de estoques, necessitando de menores espaços para armazenagem de produtos e componentes necessários ao seu sistema de produção. Do ponto de vista do fornecedor, significa que, ao invés de realizar entregas de grandes

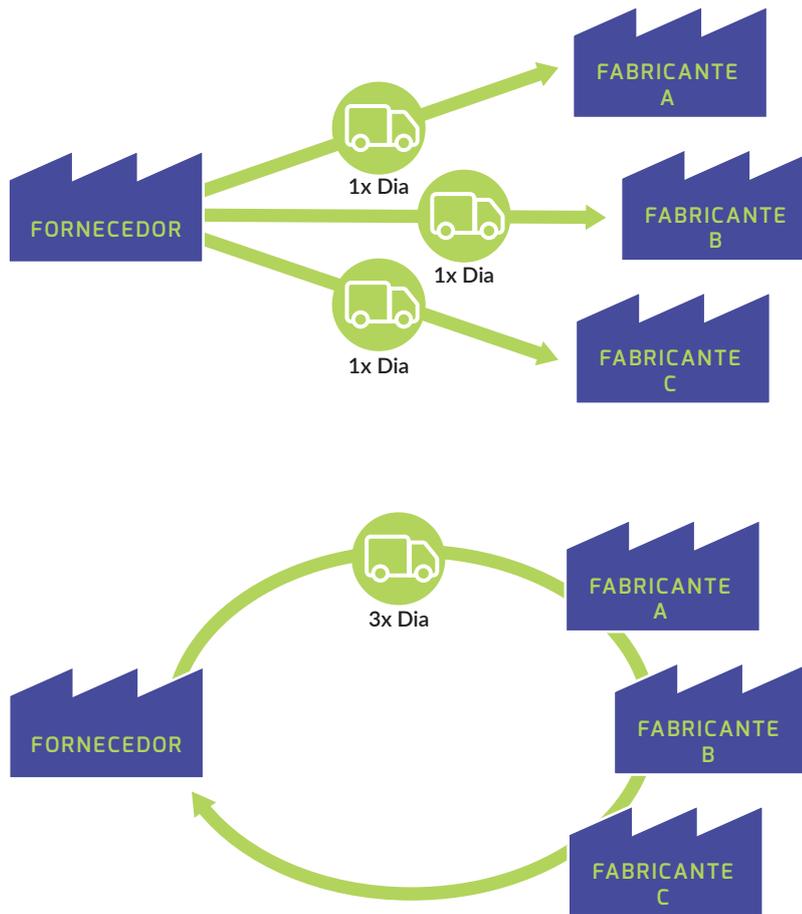
volumes de uma só vez, irá se realizar entregas de poucos volumes várias vezes. Do ponto de vista da indústria, ao invés de receber um grande lote de produtos e componentes de uma só vez (e ter que estocar tudo isso), irá receber pequenos lotes de cada produto ou componente várias vezes (e já pode levar estes lotes direto para a produção, evitando a necessidade de armazéns e controle de estoques).

Como funciona?

O *Milk Run* é a consolidação do modelo *just-in-time* para a logística de entregas. É a resposta para o problema de como implementar a

produção com níveis mínimos de estoques sem que exista risco de desabastecimento de materiais e componentes e a linha de produção tenha que parar.

FIGURA 14 SISTEMA TRADICIONAL X SISTEMA EM MILK RUN



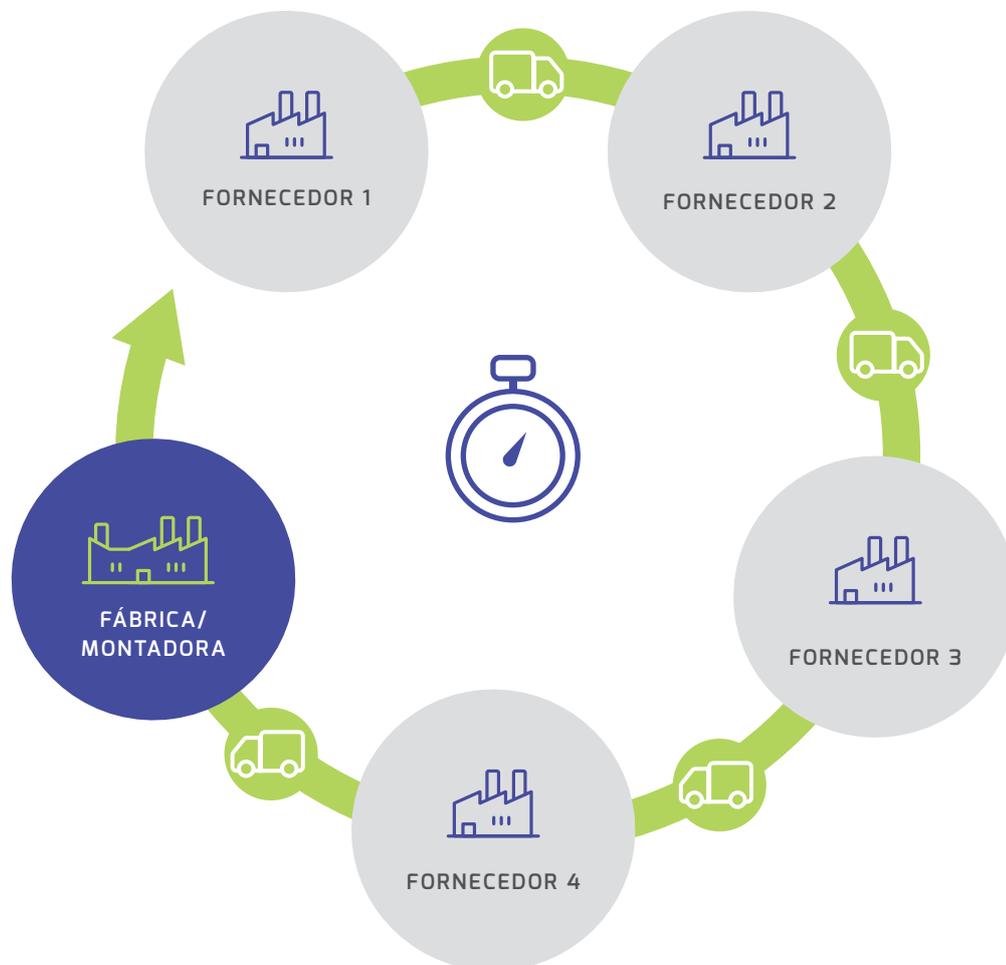
Fonte: <https://www.lean.org.br/conceitos/75/milk-run---movimentacao-de-materiais-entre-plantas.aspx>.

O conceito de *Milk Run* surgiu nas fazendas de leite norte-americanas. Como o leite é um produto extremamente perecível e precisa ter um tempo reduzido entre a coleta e sua refrigeração para entrega a uma empresa de laticínio, o modelo adotado pelas fazendas é de entregar pequenas quantidades de leite para os coletores várias vezes ao dia. Desta forma, os coletores passam por várias fazendas realizando as coletas em pequenas quantidades e levam à empresa de laticínio. Esse processo

acontece várias vezes ao dia, de forma a manter o leite sempre fresco e apto ao consumo.

Esta mesma lógica passou a ser utilizada na logística entre plantas produtivas, com os fornecedores de um lado e os compradores na outra ponta. O *Milk Run* também pode ser executado por uma empresa transportadora, que tem o papel de passar em diversas indústrias e coletar seus lotes e levar estes lotes para a indústria compradora.

FIGURA 15 CICLO DE OPERAÇÃO DO MILK RUN

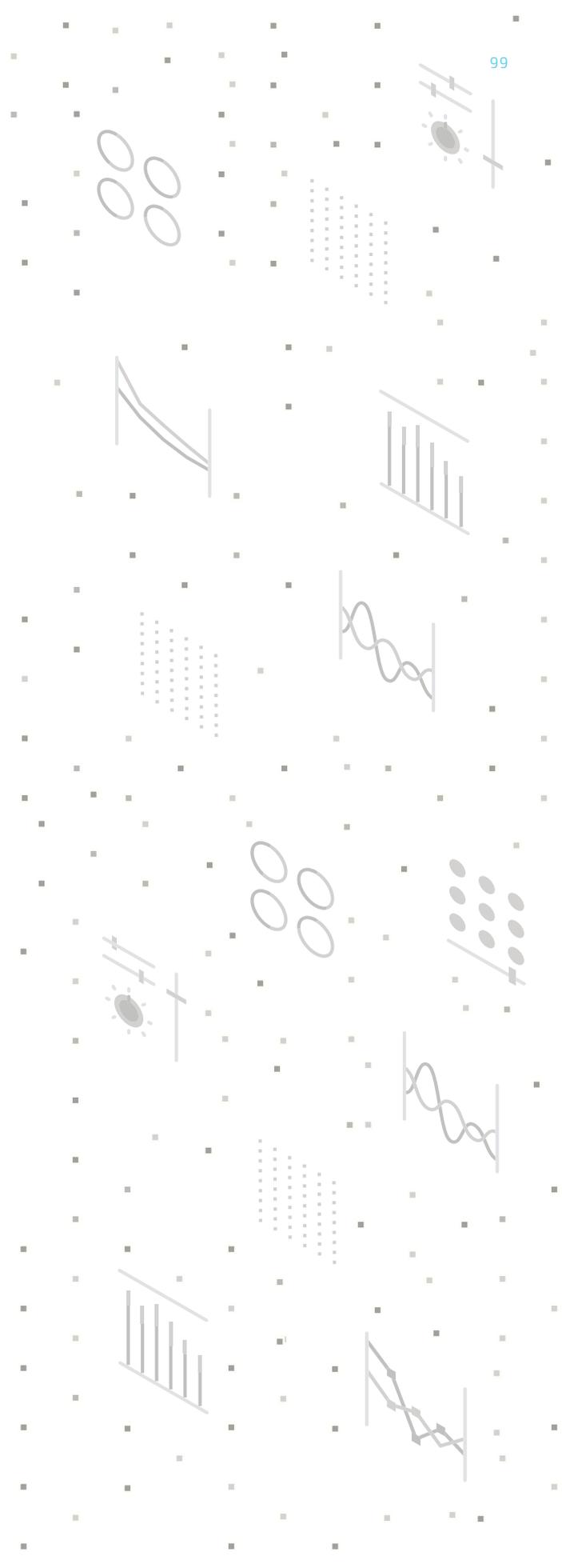


À medida que realiza as entregas em pequenos lotes, este mesmo transportador também recolhe as peças com defeitos e fora dos parâmetros de qualidade para levar de volta às empresas fornecedoras, fazendo com que esse fluxo de entrega e coleta seja constante, mais ágil e menos custoso.

Por que é uma boa prática?

A implementação de um sistema com uso do método *Milk Run* leva à redução dos níveis de estoque e reduz também a necessidade de armazéns, reduzindo os custos advindos da gestão de grandes estoques. Reduz, ainda, a necessidade de espaço, de equipe para conferência e gestão dos estoques, furtos e compressão de produtos, e torna a atividade de carregamento e descarregamento mais ágil.

Porém, a utilização deste sistema requer a sincronização dos fornecedores com a empresa e o ajuste perfeito dos lotes de entregas com o cronograma de produção. O *Milk Run* é uma prática que deve ser realizada em conjunto entre fornecedor e empresa, de forma a evitar a necessidade de pedidos extras (e custos extras de frete) ou mesmo a parada da linha de produção.



23 Ciclo PDCA

O que é?

O termo PDCA faz referência às iniciais, em inglês, de cada etapa do ciclo: “P” de Plan (planejar), “D” de Do (executar), “C” de Check (monitorar) e “A” de Act (agir). Atualmente, esta ferramenta está disseminada em todo o mundo como um importante modelo de gestão aplicado para o controle de processos e melhoria contínua de ações rotineiras, ações de planejamento, monitoramento e correção de estratégias, planos operacionais e outras aplicações de ordem prática.

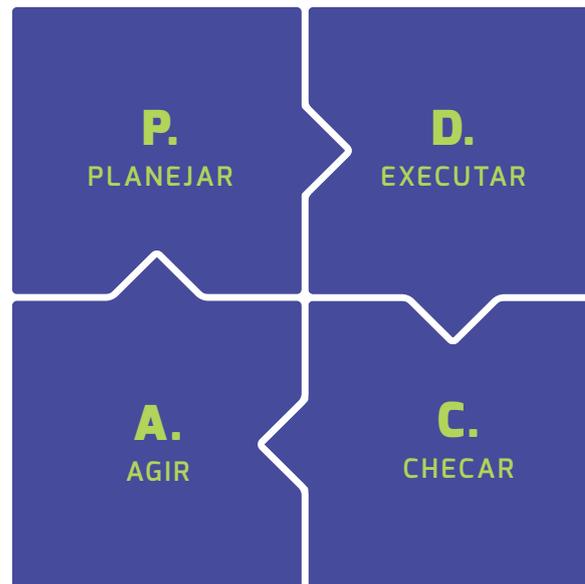
Esta metodologia se baseia no método científico para propor soluções a problemas estudados. O método científico se baseia na observação, problematização, formulação de hipótese, experimentação e teoria. Desta forma, o Ciclo PDCA atua de forma a observar o problema, propor a alternativa de solução, implementar esta solução e checar os efeitos. Caso não se considere satisfatórios os resultados, o Ciclo deve ser reiniciado.

Como funciona?

O Ciclo PDCA, também conhecido como “Ciclo de Deming”, foi desenvolvido na década de 1920 por Walter A. Shewhart, mas ficou mundialmente conhecido após a sua aplicação por William Edward Deming no processo

de reconstrução do Japão no pós-guerra, a partir da década de 1940. O Ciclo do PDCA é considerado uma das primeiras ferramentas de gestão da qualidade total e tem seu conceito baseado no aperfeiçoamento contínuo de rotinas e processos de trabalho.

FIGURA 16 CICLO PDCA



Fonte: FGV

O uso do Ciclo PDCA deve ocorrer uma vez que o problema já está identificado e já se sabem suas causas e efeitos.

A primeira etapa do Ciclo é a fase de planejar, onde se estabelecem as metas, o plano de ação, as estratégias a serem adotadas na implantação do projeto e os resultados esperados ao final do projeto. É também nesta fase que se definem as métricas que serão utilizadas para o monitoramento do projeto e para a avaliação do sucesso da execução. Ou seja, na fase de planejamento deve-se definir o que será monitorado, quando será monitorado, como será monitorado, por quem será monitorado e quais os resultados que se espera alcançar em

cada etapa e ao final do projeto.

A fase seguinte é a de execução. Frequentemente, as organizações focam suas energias nesta etapa sem ter dado a devida importância à fase do planejamento. O Ciclo PDCA foi implementado com sucesso no processo de reconstrução do Japão justamente por conseguir fazer com que o planejamento seja executado conforme pensado. Na fase de execução, deve-se treinar os membros do projeto para desempenhar suas funções a contento, proceder com a execução propriamente dita (colocar em prática tudo o que foi planejado) e coletar informações do processo enquanto ele ocorre. É importante

ressaltar que é na fase de execução que se coletam os dados que serão analisados na etapa seguinte, sob pena de não possuir as informações necessárias.

A terceira fase do ciclo é o controle ou monitoramento. Nesta etapa, realiza-

ESTA METODOLOGIA SE BASEIA NO MÉTODO CIENTÍFICO PARA PROPOR SOLUÇÕES A PROBLEMAS ESTUDADOS. O MÉTODO CIENTÍFICO SE BASEIA NA OBSERVAÇÃO, PROBLEMATIZAÇÃO, FORMULAÇÃO DE HIPÓTESE, EXPERIMENTAÇÃO E TEORIA

se a análise de conformidade entre o que foi planejado e a efetiva execução das ações. Para que esta fase possa ser realizada é fundamental que as informações tenham sido coletadas no decorrer da execução. Como dito anteriormente, o processo de monitoramento é constante, o que

torna a tarefa de coletar informações também constante.

A fase de monitoramento é um grande diferencial do PDCA por conseguir verificar em tempo real se a execução das ações está ocorrendo conforme planejado e, em caso de não estar, proceder com os necessários ajustes. É o monitoramento que permite a implantação correta das ações. Essa foi uma das razões do Ciclo PDCA ter se transformado em uma das mais importantes ferramentas da gestão da qualidade total. No caso da utilização do Ciclo PDCA para melhoria da gestão dos processos produtivos, a fase de monitoramento é particularmente importante, pois permite à equipe de gestão verificar como

a implementação das ações estão ocorrendo na prática e, desta forma, certificar-se da necessidade de adequação de alguma ação.

Por fim, a quarta fase do Ciclo é o momento de agir, no sentido de atuar de forma corretiva a partir dos resultados obtidos no primeiro Ciclo e reiniciar o Ciclo com um planejamento mais apurado. Nesta fase, o projeto é analisado em termos de resultados. Os resultados finais são confrontados com os resultados planejados e, em caso de necessidade, o novo planejamento deverá ser alterado para o novo Ciclo PDCA que se iniciará.

Por que é uma boa prática?

O Ciclo PDCA é uma ferramenta simples e potente no uso cotidiano para a verificação de implementação de melhorias e desenvolvimento de uma lógica de monitoramento e aferição de resultados, que nem sempre fazem parte do cotidiano mesmo de gerentes e supervisores. A possibilidade de realizar diversas iterações sobre um mesmo problema e “rodar o Ciclo” quantas vezes forem necessárias para solucioná-lo também é interessante, pois a cada novo Ciclo o conhecimento sobre o fenômeno estudado aumenta e, com isso, as chances de se resolver efetivamente o problema são maiores.



24 Primeiro que Entra, Primeiro que Sai (PEPS)

O que é?

A prática conhecida como PEPS (deriva do inglês FIFO – first in-first out) é largamente utilizada para o controle de estoques e na sequência de movimentação de materiais nos fluxos de produção,

a PEPS recomenda que o primeiro produto a dar entrada em um estoque ou etapa de linha de montagem seja o primeiro a ser utilizado quando da requisição de materiais ou início da etapa seguinte.

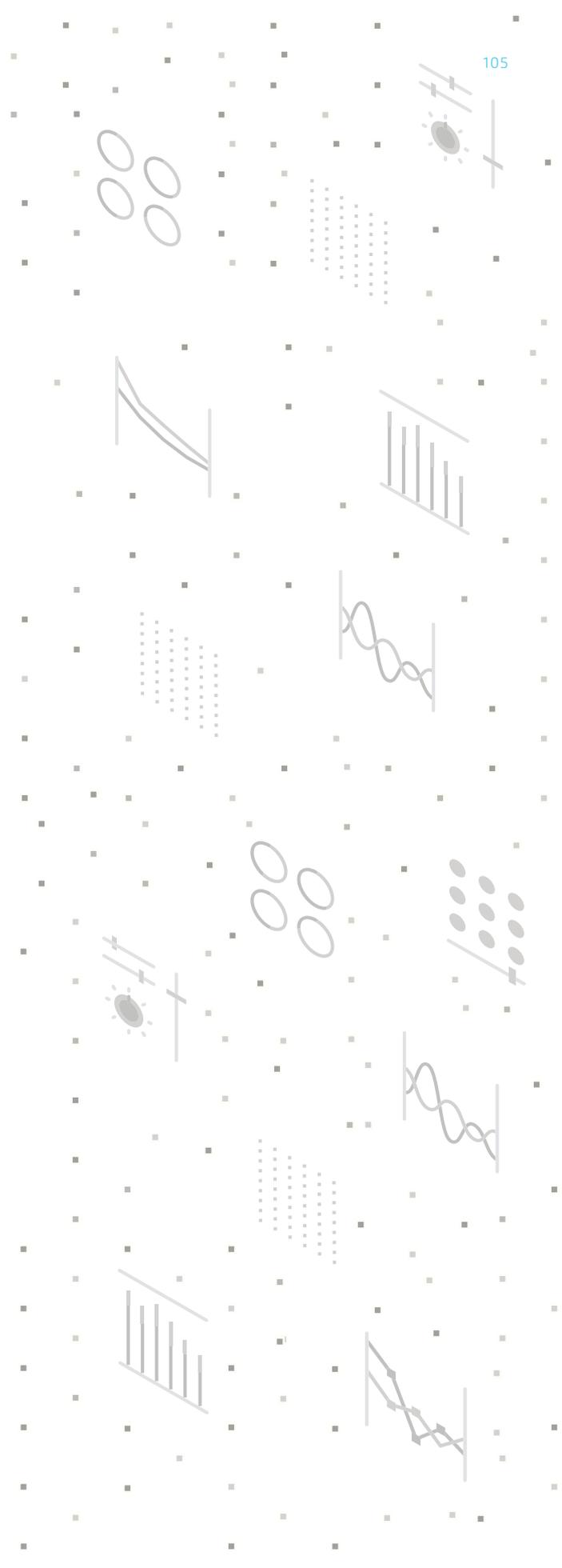
Como funciona?

O funcionamento do método de Primeiro a Entrar, Primeiro a Sair é simples. No momento em que é realizada uma solicitação de produtos ao setor de estoque, este deve-se assegurar de enviar para uso os produtos mais antigos, ou seja, os que entraram no estoque primeiro. Desta forma, se assegura que os itens em estoque não se tornarão velhos e obsoletos ou mesmo fora de condições de uso (como no caso de produtos perecíveis em uma indústria de alimentos, por exemplo).

O uso da metodologia requer que sejam desenvolvidas técnicas para manter sempre o controle sobre os itens que entraram primeiro no estoque ou que foram finalizados primeiro na linha de produção. Pode ser utilizado o sistema de *Kanban* para indicar, em um formato visual com uso de cores, os produtos que entraram primeiro e que mais estão se aproximando de seu prazo de validade para uso, por exemplo.

Por que é uma boa prática?

A metodologia do PEPS evita que os itens em estoque se tornem obsoletos, além de ajudar na formatação do modelo de estoques mínimos, com a agilidade do giro de estoque. Além disso, este método também permite ter uma melhor apropriação do custo atual de produção, uma vez que cada lote quando dá entrada no estoque tem um valor de compra e, caso o item sofra um reajuste de preço, os lotes que entrarem depois só serão utilizados depois, evitando “misturar” os valores de aquisição e o cálculo do custo da mercadoria vendida e do lucro apurado.



25 Processo de Preparação da Produção

O que é?

A Preparação de Produção *Lean* (enxuta) é uma prática de pensar o negócio, o processo ou mesmo toda a produção de um novo item, em seus mínimos detalhes, antes de iniciar sua efetiva implementação, avaliar as ferramentas que existem à disposição e montar a planta industrial em modelos esquemáticos e simuladores que permitam analisar as

melhores alternativas para estabelecer o fluxo da operação, as ferramentas de produção, a capacidade de carga, o tempo takt, custos, aspectos de segurança, necessidades de espaços para circulação de pessoas e materiais, enfim, todos os aspectos relacionados ao processo produtivo.

Como funciona?

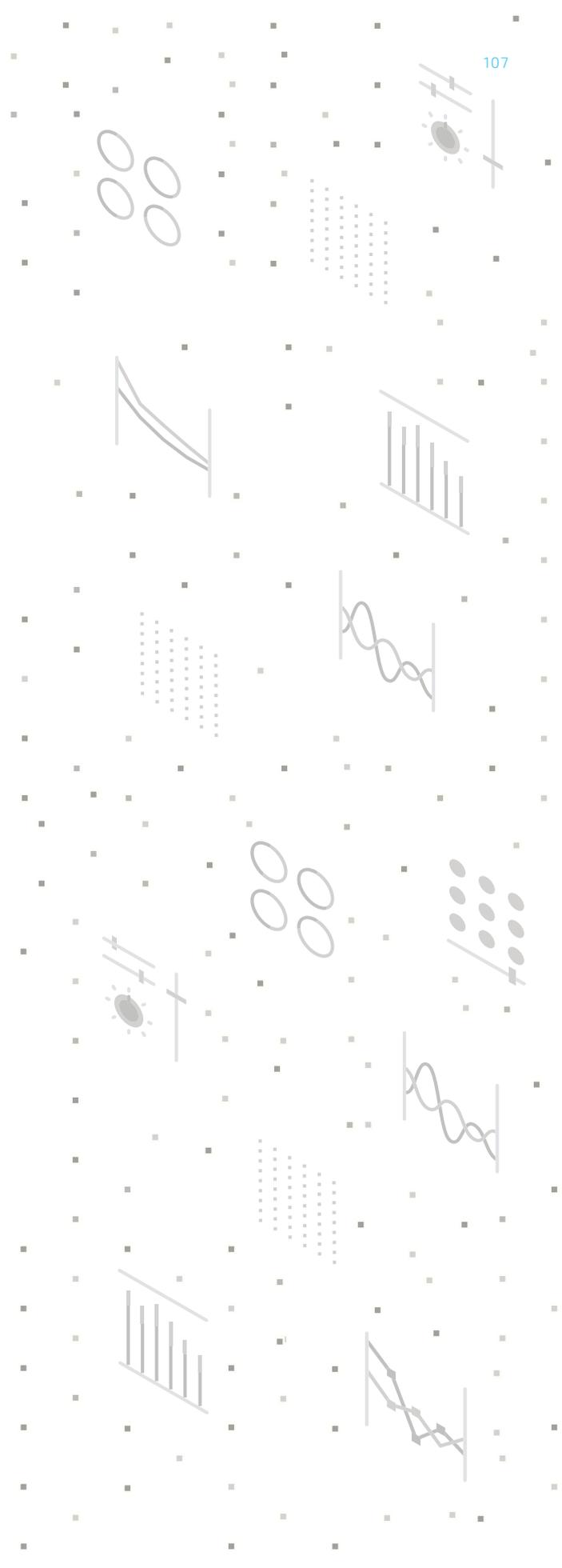
Trata-se de um método que pode ser realizado desde as formas mais simples, com uso de plantas baixas e simulações em papel, até modelos mais complexos utilizando sistemas de comutação em 3D para emular o funcionamento do fluxo produtivo em sua realidade virtual. Todas as informações devem ser levantadas previamente, tais como: máquinas a serem utilizadas, fluxo da produção, *layout* do galpão onde será instalado o novo processo produtivo, locais para entrada de material, estoque, circulação de materiais e pessoas, capacidade de processamento das máquinas, capacidade de estoque de produtos acabados, tempos de espera previstos e tempos previstos para *setup* de máquinas.

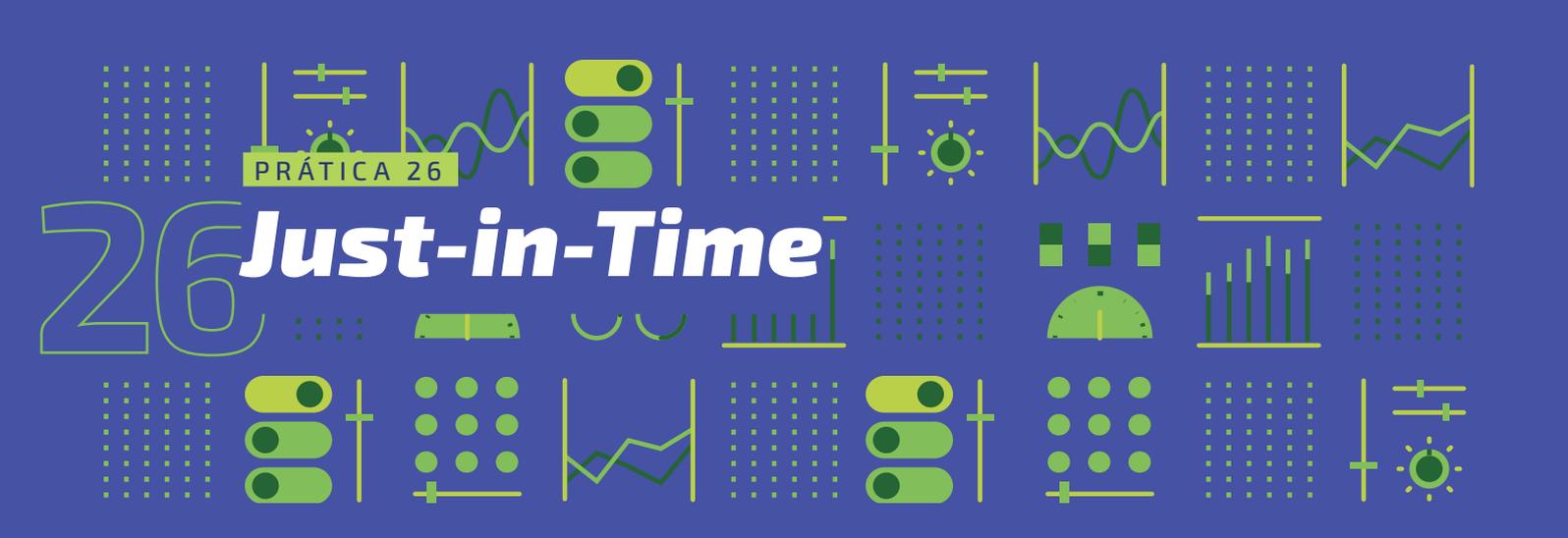
A partir dessas informações, devem ser simulados o tempo *takt* da produção e a capacidade máxima de produção para analisar se estão adequados ao que se precisa com a nova linha. A partir dessas informações, pode-se prever problemas antes que eles realmente ocorram, ou preparar contramedidas para o caso de virem a ocorrer.

Este método é utilizado, na verdade, para implementar a filosofia da produção enxuta na indústria desde a fase de planejamento.

Por que é uma boa prática?

O método leva a escolha das melhores opções e otimização dos recursos antes de iniciar a montagem da linha de produção. É uma forma de antever problemas e já iniciar as operações com a produção enxuta preparada e pensada para atuar da melhor forma possível, evitando os desperdícios, as perdas operacionais e os problemas que podem advir disso.





PRÁTICA 26

26 *Just-in-Time*

O que é?

O sistema do Just-in-Time é a base do Sistema Toyota de Produção e da manufatura enxuta. Esta prática de produção tem por principal objetivo fazer com que as partes necessárias à montagem dos produtos em fluxo de produção sejam disponibilizadas no momento exato em que forem ser consumidas e na quantidade exata necessária para executar a ordem de produção.

A implementação deste modelo tem por objetivo perseguir uma situação de estoque zero nas etapas intermediárias. Mais do que uma prática, o Just-in-Time é uma filosofia e um modelo de produção, que se executa com o uso de diversas outras metodologias, como o Kanban, o Heijunka e o Poka-Yoke.

Como funciona?

Segundo o engenheiro da Toyota, Taiichi Ohno, a ideia do sistema *Just-in-Time* surgiu em uma visita realizada aos EUA na década de 1950, ao conhecer o funcionamento de um supermercado. Naquela época, as compras no Japão se realizavam em feiras livres ou através de vendedores porta-a-porta, de forma que o modelo de um supermercado era desconhecido e chamou muito a atenção de Ohno. Em suas palavras: “Um supermercado é onde um cliente pode obter (1) o que é necessário, (2) no momento em que é necessário, (3) na quantidade necessária. Às vezes, é claro, o cliente pode comprar mais do que ele ou ela necessita. Em princípio, entretanto, o supermercado é um lugar onde compramos conforme a necessidade. Os operadores dos supermercados, portanto, devem garantir que os clientes possam comprar o que precisam em qualquer momento¹”.

Essa ideia foi a semente da concepção do modelo *Just-in-Time*, pois, criando uma associação à ideia do supermercado, poderia ser imaginado um processo onde as peças necessárias à produção estivessem disponíveis em um “supermercado industrial” e os operários apenas pegariam o que precisa para fazer o lote de produção e no momento exato em que fossem utilizar estas peças. Assim, segundo Ohno, “do supermercado pegamos a ideia de visualizar o processo inicial numa linha de produção como um tipo de loja. O processo final (cliente) vai até o processo inicial (supermercado) para adquirir as peças necessárias (gêneros) no momento e na quantidade que precisa. O processo inicial imediatamente produz a quantidade recém retirada (reabastecimento das prateleiras)².”
Desta forma, o sistema *Just-in-Time* inverte a produção tradicional (produzir para vender), denominado de “produção empurrada”, para uma produção vender para produzir,

denominada “produção puxada”. Neste modelo “puxado”, cada etapa posterior se dirige à etapa anterior para solicitar a quantidade exata de peças e componentes necessários a cumprir com a sua ordem de produção, no momento exato em que for utilizá-los, igual a como fazemos ao ir em um supermercado comprar itens para preparar um jantar, por exemplo.

Por que é uma boa prática?

A filosofia do *Just-in-Time* é essencial para o desenvolvimento de uma linha de produção enxuta. O foco no conceito de estoque zero e nivelamento de produção para evitar o desabastecimento são a expressão cultural da lógica japonesa de produção. A noção de que os recursos são escassos e devem ser utilizados da melhor forma possível norteia o desenvolvimento do conceito do *Just-in-Time*, sem desperdícios, sem estoques e sem excessos na linha de produção.

DESTA FORMA, O SISTEMA **JUST-IN-TIME** INVERTE A PRODUÇÃO TRADICIONAL (PRODUZIR PARA VENDER), DENOMINADO DE “PRODUÇÃO EMPURRADA”, PARA UMA PRODUÇÃO VENDER PARA PRODUZIR, DENOMINADA “PRODUÇÃO PUXADA”

Mais do que uma prática ou uma ferramenta, o *Just-in-Time* é considerada uma boa prática por fazer a indústria compreender o uso de seus recursos sob a ótica do desperdício zero, a busca incessante pela melhoria no processo produtivo para fazer com que os estoques estejam disponíveis na quantidade exata e no momento exato de sua necessidade.

1. O sistema de produção da Toyota: além da produção em larga escala.

2. Idem.

27 Redução de Setup

O que é?

Setup de máquina é o processo pelo qual se alteram os parâmetros para a produção de itens diferentes em uma mesma linha de produção. Neste caso, o tempo de *Setup* significa o tempo gasto para a troca dos equipamentos necessários à mudança da linha de produção, desde a última peça fabricada para um item até a primeira peça boa fabricada para

para o item seguinte. A Redução do Tempo de *Setup* seria, então, a prática de estudar como diminuir o tempo entre as trocas necessárias para a estruturação da linha de montagem para produção de um item diferente do que estava sendo produzido.

Como funciona?

A produção enxuta busca constantemente melhorar os fluxos de produção e reduzir os custos associados aos processos produtivos.

Desta forma, a Toyota Motor Company desenvolveu mecanismos para nivelar a linha de produção e evitar grandes estoques ou grandes necessidades de produção em função de pedidos maiores do que a demanda estimada. Um destes mecanismos é o *Heijunka*¹, segundo o qual o lote de produtos de uma ordem de produção deve ser formado por um *mix* de produtos, permitindo, assim, uma melhor administração dos estoques de peças e dos estoques de produtos acabados.

Porém, para realizar a produção de um lote com *mix* de produtos é necessário que haja alteração nas máquinas e na linha de produção, uma vez que cada produto tem seu próprio fluxo de valor². Cada minuto perdido no *setup* de máquinas é considerado *downtime* e, portanto, contribui para a ineficiência da planta industrial, por isso deve ser reduzido ao máximo. No caso da Toyota, ao iniciar a produção utilizando *mix* de produtos em uma mesma ordem de produção, se percebeu que, em alguns casos, o *setup* das máquinas demorava até um dia para ser realizado. Ao longo de dez anos, a Toyota estudou como reduzir o tempo de *setup* de suas máquinas e adequou a sua linha de produção de forma que se conseguiu chegar a realização do *setup* em apenas alguns minutos.

Para medir o tempo de *setup* se utiliza a medida de SMED (*Single Minut Exchange of Die*), que, em português, seria traduzido como Mudança de Ferramenta em um Dígito de Minuto, o que significa que se deve buscar que o tempo de *setup* de máquinas seja menor do que dez minutos (que já é um número com

dois dígitos).

Para implementar um sistema SMED e buscar a redução do tempo de *setup*, devem ser realizadas algumas ações:

ANALISE OS PONTOS ATUAIS COM NECESSIDADE DE SETUP. Para implementar um programa de redução de tempo de *setup* precisa inicialmente se conhecer quais são os processos que precisam ser alterados para a produção do novo item, quais as máquinas que precisam de trocas de peças, moldes, ferramentas, etc. Deve ser identificado e analisado todo o processo de *setup*, inclusive com a ajuda de filmagens e desenvolvimento de *check-list*, como forma de objetivar a análise. Este material deve ser objeto da avaliação de toda a equipe, principalmente do operador da máquina, para estudar possíveis alterações que levem a ganhos de produtividade nas trocas.

DESENVOLVA PROPOSTAS DE MELHORIA AOS ATUAIS ESQUEMAS DE SETUP UTILIZADOS. Normalmente, o estudo das atividades de *setup* são classificadas em internas e externas.

- Atividades internas são aquelas que só podem ser desenvolvidas com a máquina parada, tais como troca de moldes, configurações eletrônicas, entre outras;
- Atividades externas são aquelas que podem ser desenvolvidas com a máquina em funcionamento, tais como preparação de ferramentas, organização do espaço de trabalho, entre outras.

VERIFIQUE A NOVA CONFIGURAÇÃO DE SETUP. Sempre que possível é desejável tornar as atividades internas em externas, ou

1. Para maiores informações consultar a prática “Heijunka” neste Guia.

2. Para maiores informações consultar a prática “Mapeamento de fluxo de valor” neste Guia.

seja, quanto mais tempo a máquina estiver trabalhando enquanto se prepara o *setup*, menos tempo ela ficará parada na troca. Desta forma, após analisar e realizar as alterações no processo de *setup* é necessário verificar na prática como a nova configuração está funcionando e o tempo de redução de *setup* obtido.

MELHORIA CONTÍNUA. Como todos os processos, a redução de tempo de *setup* deve ser uma busca constante através do *Kaizen*³, sempre buscando a melhoria e as melhores práticas.

Por que é uma boa prática?

Um dos principais objetivos da engenharia da produção é a produtividade. Quanto maior o uso dos recursos disponíveis, melhor a produtividade, pois mais se produzirá com os mesmos recursos. Neste sentido, o tempo que as máquinas ficam paradas significa, literalmente, recursos desperdiçados e, portanto, quanto menor o tempo de troca das máquinas, maior a produtividade e os lucros.

3. Para maiores informações consultar a prática “Kaizen” neste Guia.





28 Rastreabilidade

O que é?

Rastreabilidade é a capacidade de serem identificadas e rastreadas informações sobre a produção do item a partir de um código, numeração ou qualquer outra ferramenta que permita traçar o caminho percorrido por este item desde a aquisição da matéria-prima até sua distribuição ao cliente final. Esta prática é atualmente muito utilizada, chegando a ser imposta por alguns países, para o consumo de produtos específicos,

como gêneros alimentícios. Os sistemas de rastreabilidade tornam possível identificar informações tais como a origem do produto, o processo produtivo utilizado, matérias-primas utilizadas, origem das matérias-primas que compõem o produto, data da fabricação, data da expedição, local de armazenagem, entre outras informações que podem ser adicionadas aos bancos de dados.

Como funciona?

A rastreabilidade de um produto se deve à existência de sistemas informatizados que formam as bases de dados que são relacionadas com os lotes de produção. Cada ordem de serviço possui uma data de início e término e cada lote do produto pode ser rastreado a partir destas informações. As ordens de serviço também podem ser associadas aos lotes das peças, componentes e matérias-primas utilizadas, gerando mais informações para a base de dados que estariam disponíveis para compor o sistema de rastreabilidade. Ao final da produção, cada lote tem uma numeração de entrada em um estoque ou mesmo uma numeração de expedição identificando o cliente que recebeu este produto, a quantidade de produtos recebidos por cada cliente, a data de envio, entre outras informações. Se cada elo da cadeia mantiver seus sistemas de rastreabilidade se torna possível saber toda a procedência do produto, desde a matéria-prima utilizada até a chegada no consumidor final.

Internamente, na linha de produção, também é possível utilizar sistemas de rastreamento para analisar a linha de produção e os componentes em uso, mantendo a rastreabilidade como uma ferramenta gerencial para detecção de erros, peças com defeito ou outros inconvenientes. Estes sistemas de rastreabilidade podem ser de duas naturezas:

SISTEMAS DE RASTREABILIDADE

PASSIVOS - São aqueles que apenas coletam as informações da linha de produção sem tecer nenhuma análise ou checagem de conformidade. Estes sistemas são ligados às máquinas presentes no chão de fábrica e recebem destas as informações de funcionamento e erros. São formados bancos de dados que armazenam estas informações e podem ser acessados e utilizados pela

supervisão/gerência/diretoria para analisar os níveis de funcionamento, erros, necessidades de ajustes, entre outras atividades gerenciais.

SISTEMAS DE RASTREABILIDADE ATIVOS

- são sistemas mais robustos que, além de receber informações enviadas pelas máquinas do chão de fábrica, também recebem informações da linha de montagem e de processos posteriores, realizando a checagem de qualidade e conformidade da produção. No caso de serem detectadas falhas ou produtos em não-conformidade, são acionados alertas indicando em que etapa da produção ocorreu o erro e indicando a necessidade de correções ou ajustes no processo produtivo.

Por que é uma boa prática?

Sistemas de rastreabilidade de produtos são fundamentais para identificar com precisão onde ocorreram erros ou quais os produtos que podem ter sido afetados por alguma imprecisão do processo produtivo. Casos envolvendo remédios ou produtos alimentícios são provas de que a rastreabilidade é uma necessidade de saúde pública e segurança. A identificação de uma unidade de um produto com um defeito deve ser analisada em profundidade e, a partir disso, identificar quais outros produtos (pelo número do lote ou por sistemas próprios de rastreabilidade) podem conter o mesmo defeito.

Exemplos de uso da rastreabilidade é o *recall* de veículos quando se detectam problemas relacionados a mau funcionamento ou necessidade de se trocar peças. São analisados os veículos que podem conter o problema e, assim, deve ser possível chegar até o consumidor final que comprou esse veículo, para que seja realizada a troca da peça ou manutenção necessária.

29 Sete Desperdícios

O que é?

Os Sete Desperdícios são elencados por Taiichi Ohno, engenheiro de produção da Toyota responsável pela concepção do Modelo Toyota de Produção, como sendo: (i) desperdício de superprodução, (ii) desperdício de tempo disponível (esperas), (iii) desperdício em transporte, (iv)

desperdício do processamento em si, (v) desperdício de estoque disponível, (vi) desperdício de movimento e (vii) desperdício de produzir produtos defeituosos.

A prática de reduzir estes Sete Desperdícios é a busca constante do Sistema Toyota de Produção.

Como funciona?

Segundo Ohno (1997), “a verdadeira melhoria na eficiência surge quando produzimos zero desperdício e levamos a percentagem de trabalho para 100%. Uma vez que no Sistema Toyota de Produção devemos produzir apenas a quantidade necessária, a força de trabalho deve ser reduzida para cortar o excesso de capacidade e corresponder à quantidade necessária”.

Mais do que uma prática, a busca pela eliminação dos Sete Desperdícios é uma filosofia, e todas as ferramentas de produção desenvolvidas e aplicadas pela Toyota partiram da análise de como eliminar um destes desperdícios. Por exemplo:

DESPERDÍCIO DE SUPERPRODUÇÃO - Pode ser combatido com o processo *Just-in-Time*, com a utilização do *Kanban* e do *Heijunka*;

DESPERDÍCIO DE TEMPO DISPONÍVEL - Pode ser combatido com o Mapeamento de Fluxo de Valor, *Andon*, Balanceamento Operacional;

DESPERDÍCIO EM TRANSPORTE - Pode ser combatido com o *Kanban* ou com o uso de linhas *Chaku-Chaku*;

DESPERDÍCIO DO PROCESSAMENTO EM SI - Pode ser objeto de *Kaizen*, de problematização por metodologia A3, ou Ciclo PDCA/LAMDA ou, ainda, da Manutenção Produtiva Total ou do *Material Requirement Planning (MRP)*.

DESPERDÍCIO DE ESTOQUE DISPONÍVEL - Pode ser combatido com uso do *Kanban*, de mecanismos de logística *lean* como o *Milk Run*, além de processos como *Crossdocking* para agilizar expedição dos estoques de produtos acabados;

DESPERDÍCIO DE MOVIMENTO - Pode ser combatido com o Mapeamento de Fluxo de Valor, linha *Chaku-Chaku* e manuseio de múltiplas máquinas e processos;

DESPERDÍCIO DE PRODUTOS DEFEITUOSOS - Pode ser combatido com o *Poka-Yoke*, a Manutenção Total, Controle de Barras ou Rastreabilidade Ativa da Produção.

Cada um dos Sete Desperdícios foi a base de observação para o desenvolvimento do conjunto de ferramentas que conformam o Sistema Toyota de Produção.

Por que é uma boa prática?

Manter o foco nas principais origens de desperdícios é uma boa prática pois são pontos que precisam ser constantemente revisitados e analisadas as práticas atuais para aplicação do *Kaizen* e verificação de possibilidades de melhoria.



PRÁTICA 30

30 Tempo Takt

O que é?

O *Tempo Takt* representa o tempo disponível para produção em razão da demanda a ser atendida. A utilização do *Tempo Takt* na produção tem por objetivo alinhar a produção à demanda, de forma a manter um fluxo contínuo de trabalho, evitando os picos e os vales (superutilização ou subutilização

da linha de produção). A partir da utilização do *Tempo Takt* como medida para a produção é possível analisar atrasos na linha em qualquer ponto, uma vez que são conhecidos os tempos necessários para cada etapa do trabalho.

Como funciona?

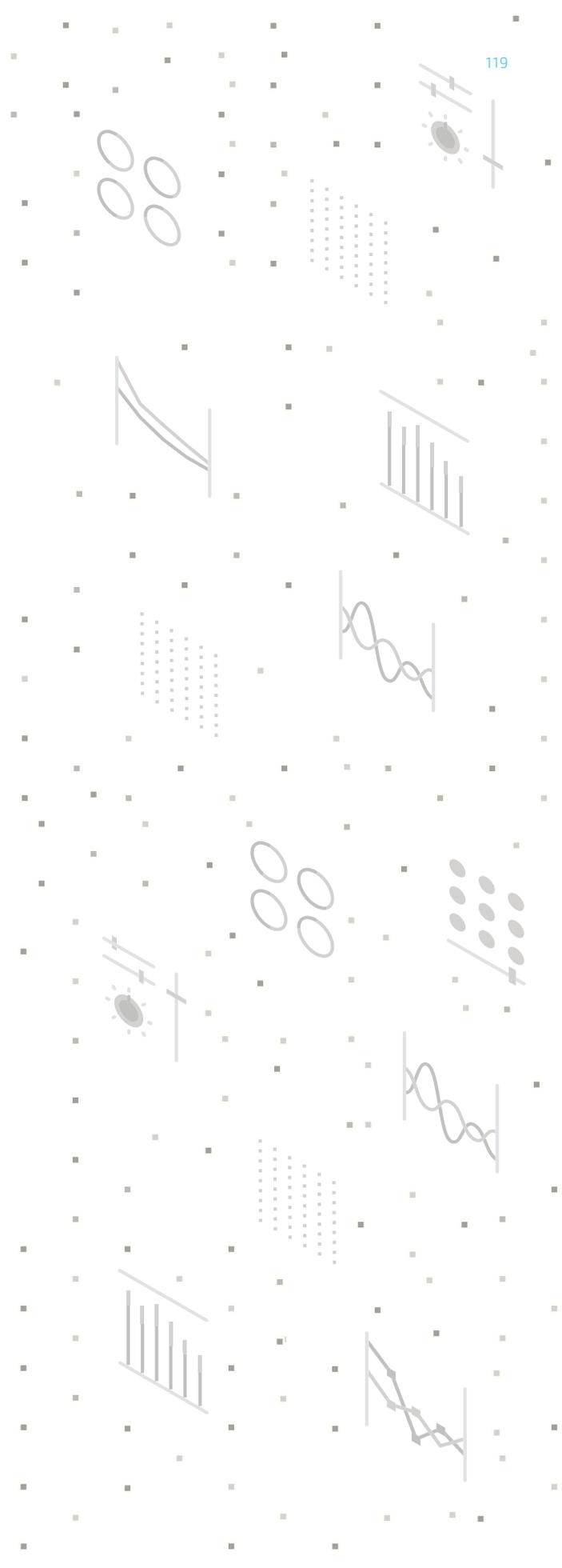
O *Tempo Takt* é uma medida para evitar que a produção ande rápido demais (e fabrique muitos produtos ainda não vendidos, gerando estoques) ou lento demais (produzindo menos do que o necessário para atender a demanda e gerando trabalho extra, novos turnos de trabalho e custos demasiados). É a medida do ritmo da produção, que se obtém a partir da análise do quanto deve ser fabricado em cada período de tempo estabelecido para as entregas serem realizadas.

Se uma indústria tem um pedido de 4.800 unidades para ser entregue em 24h e opera com turnos de 8h/dia, o *Tempo Takt* será obtido com uma simples equação: $4.800 / (8 \times 60)$. Logo, sabe-se que devem ser fabricadas um total de dez peças a cada minuto. Portanto, o *Tempo Takt* é de seis segundos por peça.

O *Tempo Takt* precisa ser comparado ao tempo de ciclo para saber se será possível ou não atender a demanda do cliente. O tempo de ciclo representa o tempo necessário para um ciclo de produção ser realizado, portanto, o tempo necessário para produção de uma peça na linha de produção atual. Caso o *Tempo Takt* seja superior ao tempo de ciclo, não poderá ser realizada a encomenda nas condições atuais.

Por que é uma boa prática?

O *Tempo Takt* ajuda na identificação dos reais gargalos operacionais, localizando em que etapas do processo produtivo o tempo de ciclo supera o *Tempo Takt* e também ajuda na compreensão de que a produção precisa “andar” no ritmo das vendas. Vendas e produção devem estar sempre alinhados em relação às possibilidades de cumprir com as ordens de produção.





TECNOLOGIAS PARA ACELERAR A TRANSFORMAÇÃO DIGITAL NA PRODUÇÃO



As últimas décadas têm marcado um período de constantes mudanças nos processos produtivos a partir da inclusão de máquinas e robôs cada vez mais sofisticados, elevando o nível de automação das empresas e empregando cada vez mais tecnologias “embarcadas”.

Algumas destas tecnologias despontam como grandes aliadas na construção de processos produtivos cada vez mais sofisticados, ágeis, seguros e customizáveis, ou seja, capazes de produzir grandes quantidades de lotes diferenciados sem substancial elevação dos custos de produção.

Apesar de não serem tratadas como “boas práticas”, pois ainda são tecnologias relativamente novas e que ainda estão em desenvolvimento nas empresas ao redor do mundo, algumas destas já se destacam como tecnologias capazes de acelerar a transformação digital das empresas em sua linha de produção. Isto significa que estas tecnologias poderão fazer parte do cotidiano de muitas empresas em um futuro próximo. Para algumas empresas, elas já são!

Sendo assim, optou-se por apresentar as tecnologias que se considera mais relevantes atualmente para a digitalização da produção, não como boas práticas, mas como possibilidades nas quais os empresários devem ficar atentos ao planejar a transformação digital de suas empresas.



1

Internet Industrial das Coisas (IIoT)

O que é?

A Internet das Coisas (*Internet of Things – IoT*) pode ser definida como uma rede de objetos ou dispositivos monitoráveis conectados à internet que contribuem para algum processo de tomada de decisão, de forma automática ou por intervenção humana. Qualquer dispositivo que pode ser monitorado ou controlado à distância pode potencialmente ser utilizado como IoT. O principal é a capacidade deste dispositivo coletar e transmitir dados internos ou do ambiente externo.

A Internet Industrial das Coisas (*Industrial Internet of Things – IIoT*) consiste na aplicação do conceito da Internet das Coisas à indústria. Há muito tempo, na indústria, vários dispositivos de monitoramento e coleta de dados são utilizados para aumento da produtividade em plantas industriais.

Normalmente, interconectados pela rede interna da empresa (Local Area Network). Quando abordamos IoT, o dispositivo possui a capacidade de se interconectar com a internet como condição fundamental para defini-lo como “inteligente” ou Smart Device. IoT é um novo e potencial paradigma computacional disruptivo que pode mudar processos de negócios, estratégias e competências em diversos setores industriais, mesmo aqueles com baixo uso de tecnologia. Por exemplo, seria difícil imaginar há 30 anos a utilização de tratores monitorados e controlados à distância em grandes fazendas exportadoras de laranja. Ou, ainda, o uso de sensores conectados por rede sem fio (WiFi) para a medição de dados ambientais em uma plantação de soja. Dois exemplos de um setor historicamente de baixo uso de computação em décadas anteriores.

Como funciona?

Com o avanço dos serviços de internet incorporados à telefonia móvel banda larga nas capitais brasileiras, principalmente com a disponibilidade cada vez maior de tecnologia 4G¹

e a previsão de entrada comercial de 5G a partir de 2020, há a possibilidade real de oportunidades de negócios para indústrias brasileiras. Portanto, são reais e presentes as oportunidades do uso de IIoT na criação de processos, produtos e serviços com consequente melhoria do desempenho e, da competitividade da indústria brasileira.

FIGURA 17 MACROVISÃO DA APLICABILIDADE DE IOT



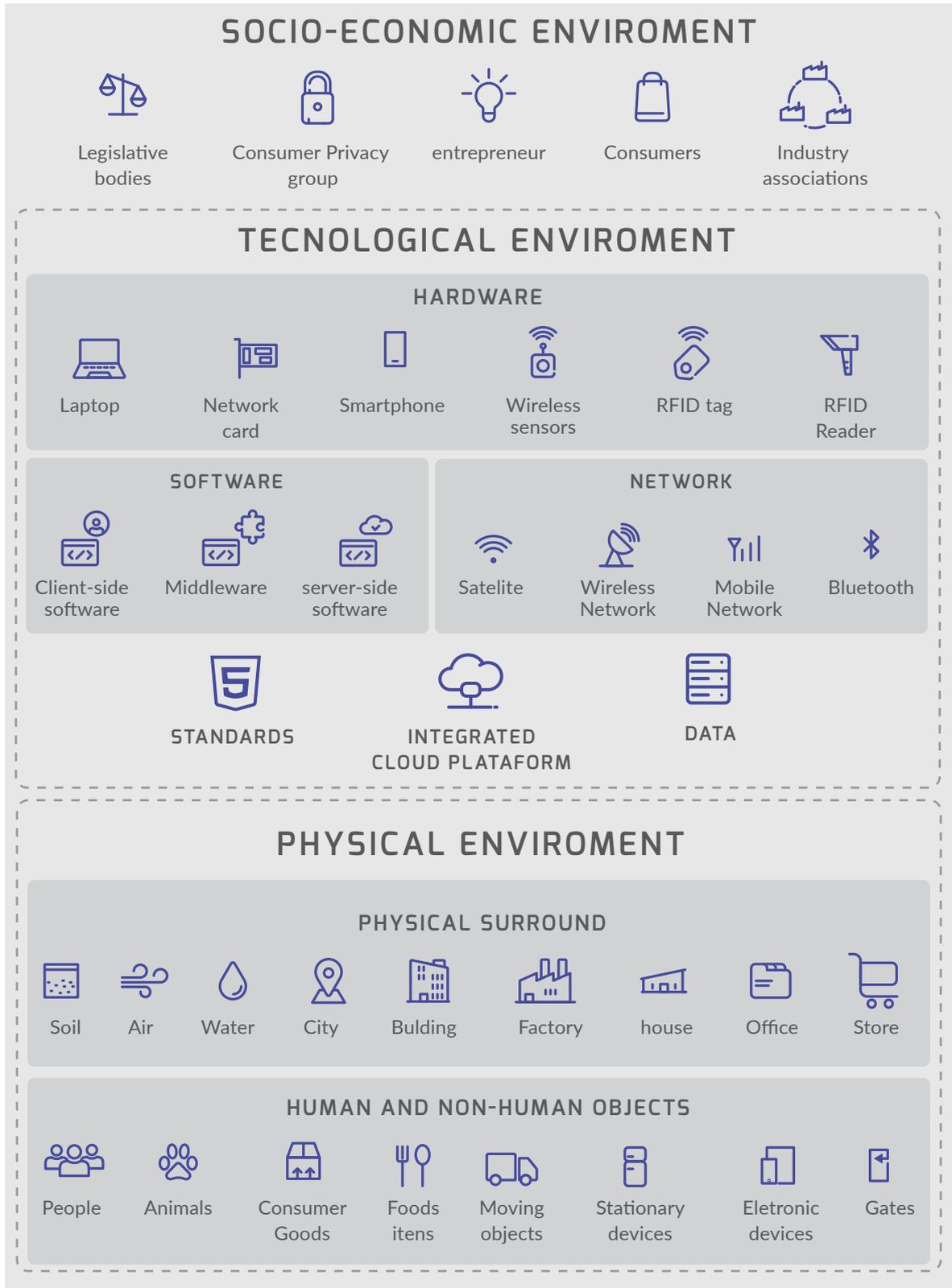
Fonte: FGV

O ambiente tecnológico da IoT é constituído por hardwares, softwares, tecnologias de rede, dados, plataformas integradas e padrões técnicos habilitadores da interação de objetos ou dispositivos no ambiente físico. Todo este

ambiente interagindo com pessoas físicas e jurídicas com diversas finalidades. Por envolver todos estes aspectos, IoT é um fenômeno sociotécnico (KROTOV, 2017), conforme descrito na figura a seguir.

1. Segundo a Agência Nacional de Telecomunicações (anatel.gov.br) até setembro de 2018 existiam 4.311 municípios brasileiros com disponibilidade de tecnologia 4G.

FIGURA 18 AMBIENTE E ELEMENTOS DE IOT



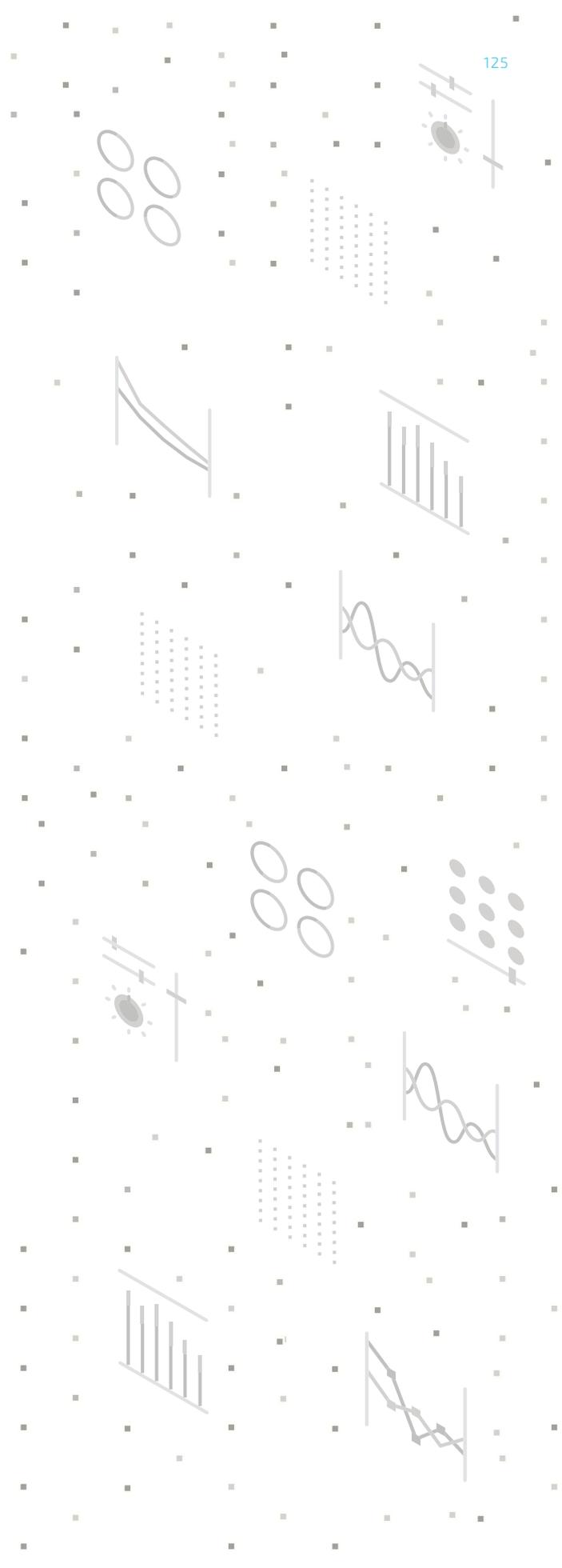
Fonte: Krotov (2017).

A sua indústria está preparada para este novo paradigma tecnológico, onde cada vez mais dispositivos ou objetos estão interconectados? A partir do momento que estes objetos conectam produtos, serviços e processos, como a sua indústria planeja utilizá-los? Para reduzir custos? Aumentar desempenho? Novos processos, produtos ou serviços? Agir com base nestas reflexões é um passo importante no diagnóstico e avaliação das possibilidades de IIoT para a empresa. Estimativa em estudos internacionais indicam que o mercado de IIoT pode chegar até 11 trilhões de dólares em 2025, tanto na transformação de processos de negócios como em novos modelos de negócio (MANYIKA et al., 2015).

Por que auxilia na transformação digital?

Duas são as estratégias que podem ser adotadas pela indústria com o uso do IIoT. A primeira é focalizar na melhoria e criação de processos internos com o uso de IIoT, principalmente aqueles que podem reduzir custos, como, por exemplo, manutenção Preditiva de Equipamentos. Outra estratégia pode ser a criação de novos produtos ou serviços com o uso de IIoT. Neste contexto, quaisquer das abordagens devem ser precedidas de estudos de viabilidade e de impacto nos negócios.

As possibilidades do uso de IIoT são incomensuráveis. Por essa razão, entendemos que o impacto do IIoT na indústria será parecido com o impacto da internet para a sociedade nos anos 90.





O que é?

A Inteligência Artificial (IA) permite que equipamentos e aplicações aprendam com experiências. Estes equipamentos e aplicações podem se ajustar a novas entradas de dados e executar tarefas similares a de seres humanos. Com esta tecnologia, os computadores podem ser treinados para cumprir tarefas específicas ao processar e

reconhecer padrões em grandes quantidades de dados, por exemplo. O desenvolvimento da IA se inicia na década de 70 com o aprofundamento de estudos sobre redes neurais, populariza-se a partir da década de 80 com os estudos de *Machine Learning* (aprendizado de máquina) e é impulsionado com os estudos de **Deep Learning** (aprendizado profundo) **nesta década.**

Como funciona?

IA é a ciência de treinar equipamentos para executar tarefas humanas e *Machine Learning* e *Deep Learning* são métodos de como as máquinas aprendem a cada nova informação ou dado coletado, utilizando-se de algoritmos complexos. Por exemplo, em situações de maior complexidade, como um carro autônomo, a IA está presente com algoritmos de aprendizado de máquina (*Machine Learning* e *Deep Learning*). Em situações mais simples, IA pode prever padrões em determinada série de dados de clientes, sem o uso de *Machine Learning*. Esta diferenciação permite uma estratégia de uso gradativo pela indústria, mitigando riscos e diluindo investimentos em maior prazo.

Pela aplicabilidade de IA em algumas tarefas tipicamente humanas, esta tecnologia vem contribuindo para melhorar o desempenho e a produtividade de diversas empresas, contribuindo para o processo de tomada de decisão em diferentes níveis organizacionais, ajudando a reduzir incertezas comuns em ambiente competitivo. Em algumas situações, o cliente tampouco percebe a utilização de IA, como no uso de alguns *Chatbots*¹, dentre outras aplicações.

IA envolve uma série de ferramentas, técnicas e algoritmos. Várias aplicações e técnicas estão envolvidos na definição de IA. Uma das vantagens do uso desta tecnologia em organizações é a combinação da velocidade no tempo de coleta e de análise de dados da IA com a intuição e análise humana. Por mais paradoxal que pareça, o uso da IA sempre envolve trabalho humano (GRAY; SURI, 2017). Esta combinação é fundamental para

projetos de IA em qualquer empresa, no estágio atual de desenvolvimento tecnológico desta tecnologia. Este é o ponto central do uso de IA nas organizações: entendê-la como parceira dos colaboradores no atingimento de metas de negócio. A ideia da simples substituição de uma função humana pela IA está longe de se viabilizar economicamente. Em contrapartida, o aumento da produtividade e de melhores decisões é fato constatado em várias organizações.

Os cinco elementos-chave da IA industrial abrangem tecnologia analítica, *big data*, tecnologia *cloud* ou *cyber*, conhecimento de domínio, e evidência. A tecnologia analítica é o núcleo da IA, que só pode trazer valor se outros elementos estiverem presentes. Tecnologia de *big data* e *cloud* são ambos elementos essenciais, que fornecem a fonte da informação (dados) e uma plataforma para IA industrial. Embora esses elementos sejam essenciais, o conhecimento de domínio (*know-how*) e a evidência também são fatores importantes que são negligenciados em grande parte nesse contexto. O *know-how* de domínio é o elemento-chave dos seguintes aspectos:

PELA APLICABILIDADE DE IA EM ALGUMAS TAREFAS TÍPICAMENTE HUMANAS, ESTA TECNOLOGIA VEM CONTRIBUINDO PARA MELHORAR O DESEMPENHO E A PRODUTIVIDADE DE DIVERSAS EMPRESAS, CONTRIBUINDO PARA O PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO EM DIFERENTES NÍVEIS ORGANIZACIONAIS, AJUDANDO A REDUZIR INCERTEZAS COMUNS EM AMBIENTE COMPETITIVO

1. *Chatbots* baseados em regras: são *chatbots* que funcionam através de comandos específicos (ou palavras-chaves), ou seja, se você falar algo que o chatbot não conhece, ele não vai saber como agir—são limitados;

Chatbots baseados em Inteligência Artificial: têm a capacidade de entender o que você quer dizer através do que você escreve ou pergunta—ou seja, tem a capacidade de aprender e entender linguagem natural, não apenas comandos.

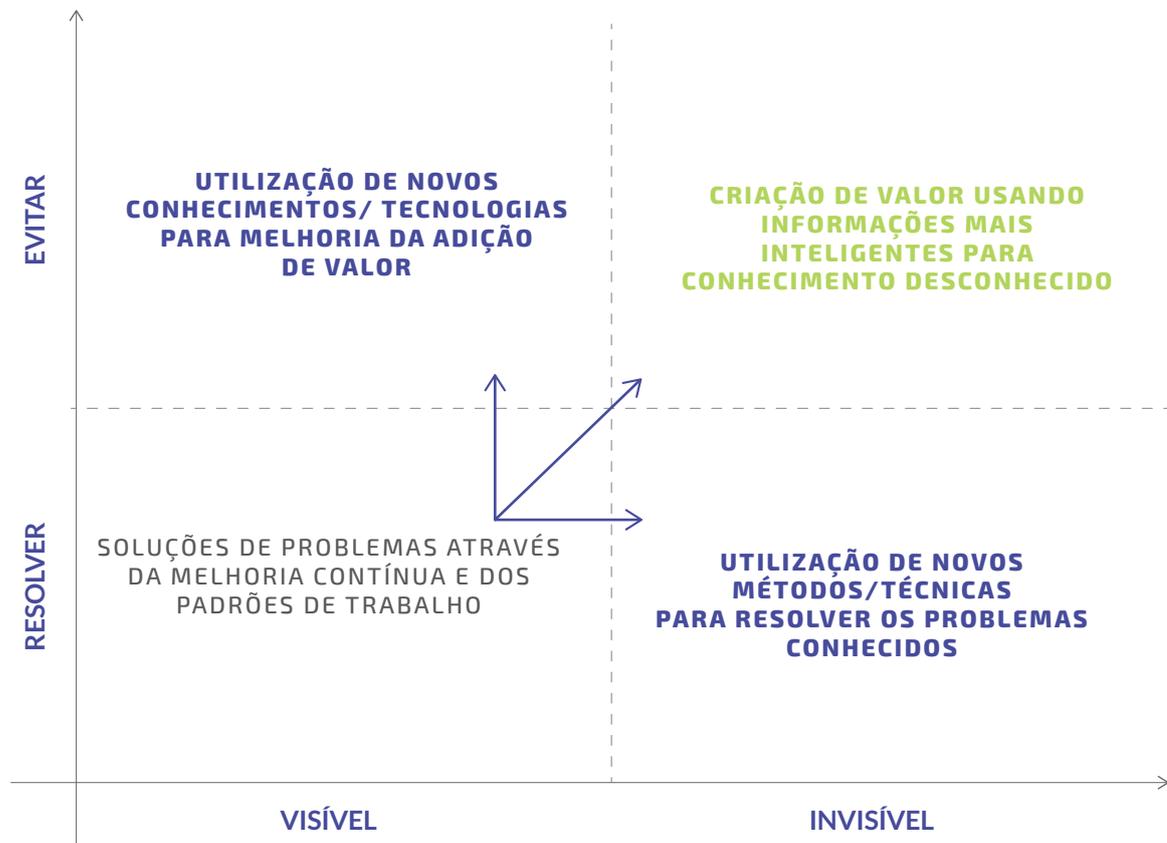
- Compreender o problema e concentrar o poder da IA industrial em resolvê-lo;
- Entender o sistema para que dados corretos com a qualidade certa possam ser coletados;
- Entender os significados físicos dos parâmetros e como eles estão associados às características físicas de um sistema ou processo; e
- Entender como esses parâmetros variam de máquina para máquina.

As evidências também são um elemento essencial na validação de modelos de IA industrial e as incorporam com capacidade de

aprendizado cumulativa. Ao reunir padrões de dados e as evidências (ou rótulos) associados a esses padrões, podemos apenas melhorar o modelo de IA para nos tornarmos mais precisos, abrangentes e robustos à medida que envelhecerem.

A figura a seguir mostra como a Inteligência Artificial pode nos levar do espaço visível (conhecido pela organização) para o invisível e resolver os problemas para evitá-los antes que eles apareçam, utilizando-se da IA como tecnologia para solucionar problemas com causa conhecida ou desconhecida, tanto na solução destes problemas como para evitá-los.

FIGURA 19 USO DA IA NA INDÚSTRIA



Mais especificamente, uma estratégia eficaz de IA deve

- Construir a partir dos pontos fortes estratégicos atuais e;
- Identificar maneiras pelas quais a IA e os funcionários do conhecimento podem se complementar (JARRAHI, 2018).

A existência de programas em diversos países desenvolvidos impulsionadores do uso de novas tecnologias na indústria indústria 4.0, por exemplo contribuiu para a aplicação de modernas tecnologias de informação e comunicação na indústria. Sensores, atuadores, robótica, *QR code* e outras tecnologias geradoras de dados de controle e monitoramento. Uma boa prática no uso da IA é o que tem sido chamado de *Data-driven Smart Manufacturing*², precisamente a análise dos dados coletados durante todo o ciclo de vida do produto e convertidos em inteligência de manufatura a fim de balizar decisões que tragam valor ao negócio.

Por que auxilia na transformação digital?

Um grande número de soluções de IoT empregam sensores na fábrica coletando dados em tempo real, enquanto a computação em nuvem fornece a possibilidade de dados gerenciáveis e armazenados em rede, apenas para ficar nestes exemplos. A IA pode ser aplicada na análise de informações desta grande rede coletora de dados em uma indústria, desde a planta até o ponto de venda. As indústrias que já utilizam algum sistema integrado de gestão empresarial e de manufatura saem na frente como candidatas ao uso da IA, por já terem suas bases de dados estruturadas. A partir deste ponto, é necessário fazer com que o uso da IA pelos funcionários impulse os negócios.

2. Ver Tao, Qi, Liu, & Kusiak (2018).



O que é?

Sistemas Cyber-Físicos (*Cyber-physical Systems – CPS*) são sistemas computacionais colaborativos que promovem a integração de elementos físicos e virtuais através da comunicação com sensores que monitoram as operações. A partir do monitoramento das operações, os CPS podem

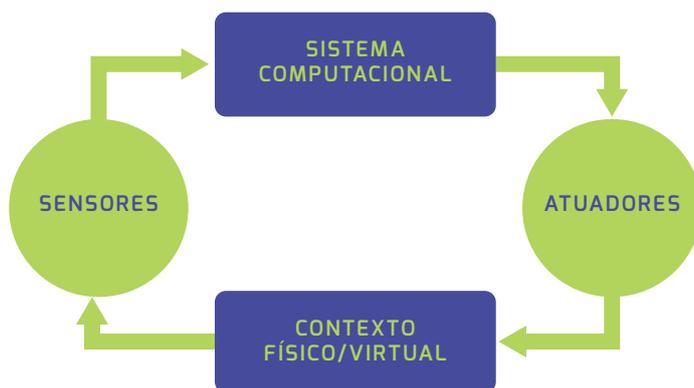
também atuar modificando o ambiente virtual ou físico em que se executam as atividades. O uso de sistemas cyber-físicos promove maior autonomia, confiabilidade nas operações e aumenta a produtividade no processo produtivo.

Como funciona?

Tecnicamente, os Sistemas Cyber-Físicos são compostos de sensores e componentes para mover e controlar mecanismos, que são integrados com um *software* e conectados entre si ou via internet. Ou seja, dispositivos eletrônicos e sistemas de computação inteligente, interligados pela IIoT, geram dados que são armazenados e decodificados em ações a serem implementadas nas máquinas que compõem o CPS.

De forma gráfica, poderia ser representado da seguinte forma:

FIGURA 20 SISTEMA CYBER-FÍSICO



Fonte: Adaptado de <https://www.ibm.com/developerworks/br/library/ba-cyber-physical-systems-and-smart-cities-iiot/index.html>

O uso de sistemas cyber-físicos permite a gestão do processo produtivo remotamente, que funcionam sozinhos (*stand-alone*), se auto monitoram e se autorregulam a partir das informações coletadas e processadas pelos sensores e atuadores integrados ao *software* inteligente. Os CPS utilizam uma série de tecnologias para funcionar: coletam dados com sensores e transmitem esses dados por IIoT para um sistema que acumula as informações em um *big data* e *analytics* e utiliza inteligência artificial para responder e mandar informações às máquinas conectadas, regulando a atuação física dos equipamentos.

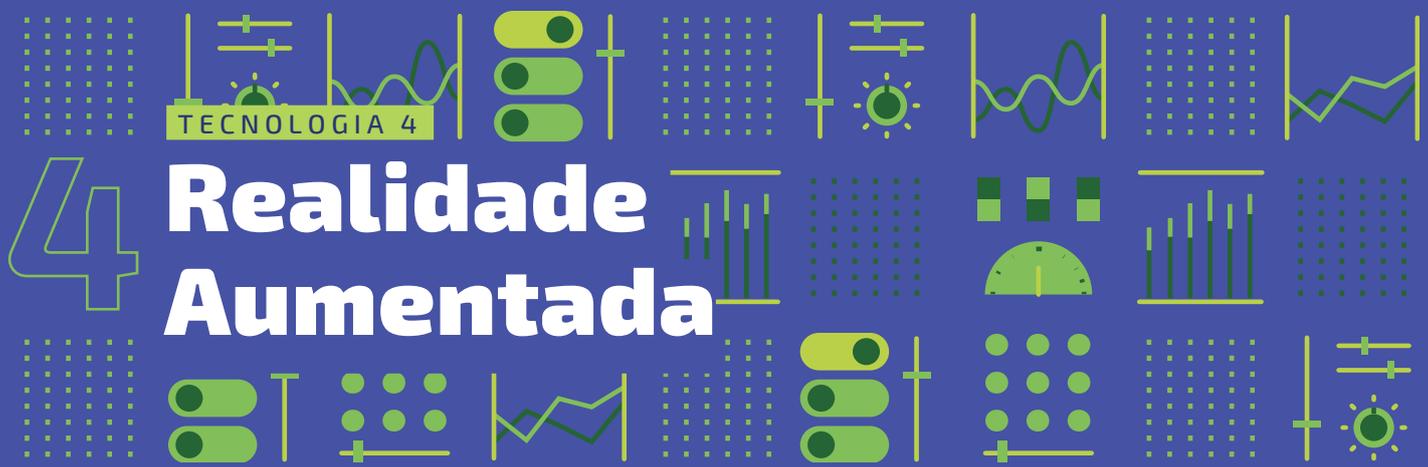
Em um processo produtivo estabelecido, os CPS podem melhorar a produtividade a partir do momento em que compartilham as informações em tempo real entre as máquinas ligadas ao sistema, podendo realizar ajustes automáticos nos parâmetros de produção ou alterá-los de acordo com as necessidades de fabricação e dos lotes em processamento. Estes sistemas permitem o monitoramento em tempo real das condições de produção, se autorregulando ao menor sinal de erro nos parâmetros definidos e ajustando toda a cadeia automaticamente.

Por que auxilia na transformação digital?

Os Sistemas Cyber-Físicos são fundamentais para a consolidação da indústria 4.0, pois permitem que o processo produtivo seja ajustado automaticamente a cada mudança de parâmetros de produção, o que

possibilita realizar a customização em massa a custos reduzidos, que é uma das grandes vantagens da indústria 4.0.

Com os CPS, toda a linha de produção pode ser ajustada automaticamente à confecção de lotes de produtos com diferenciação de características a partir dos pedidos recebidos pela empresa, sem a necessidade de grandes ajustes de *setup* de máquinas na linha de produção. Os parâmetros de produção são modificados em tempo real e a produção se torna mais ágil, o que reduz os custos industriais.



O que é?

A Realidade Aumentada (AR) consiste em uma tecnologia de projeção de conteúdos e informações em um ambiente real, onde se a projetam imagens e informações sobre o campo de visão do usuário, seja ele uma linha de produção, uma rua ou qualquer outro ambiente em que se esteja olhando.

O uso da Realidade Aumentada tem se intensificado nos últimos anos em áreas diversas, como

jogos e entretenimento, educação e treinamento, *design* de produtos, ações de *marketing* e suporte em plantas industriais. A projeção dos objetos sobre o campo de visão real ocorre através da utilização de óculos específicos ou de câmeras que reproduzam conteúdos enviados por um computador que gere as imagens a serem adicionadas à realidade.

Como funciona?

A Realidade Aumentada é uma forma de interação entre o homem com máquinas ou equipamentos, em desenvolvimento contínuo há mais de 20 anos². As informações geradas por computador são mostradas no campo de visão real do usuário, daí o nome Realidade Aumentada. A informação mostrada depende do contexto em relação ao objeto visualizado. A realidade aumentada usa a tecnologia para tornar essa camada de informação acessível às pessoas - para mesclar a percepção do mundo real com o conteúdo digital gerado por software. Essa

tecnologia vem em uma infinidade de formas: desde óculos inteligentes que usam projeção de retina para colocar uma exibição no globo ocular do usuário (por exemplo, o Google Glass ou Hololens) até os mais comumente usados *smartphones* (FARSHID et al., 2018). As camadas de tecnologia AR adicionadas podem ser sensoriais (por exemplo, som, vídeo ou gráficos) ou simplesmente baseadas em dados. A tecnologia de Realidade Aumentada (AR) pode substituir o manual de instalação ou de manutenção de um equipamento, por exemplo, mostrando detalhes da instalação no campo de visão do técnico, por meio de um óculo especial.

FIGURA 21 FUNCIONÁRIO USANDO ÓCULOS COM TECNOLOGIA AR PARA MANUTENÇÃO



Fonte: <https://news.agcocorp.com/topics/agco-innovations-in-manufacturing-with-glass> (dezembro, 2018)

Um exemplo de utilização da AR são as “fábricas virtuais” com sua “produção digital”, A modelagem e análise de modelos computacionais da fábrica planejada com o objetivo de reduzir tempo e custos. Todo o processo produtivo construído em um simulador com o uso de AR para testes de desempenho e ajustes com o objetivo de encontrar o melhor modelo de operação. Um modelo de simulação é apenas uma

reprodução da realidade, pois exige simplificações. Se um modelo de simulação é a base para experimentos, o modelo deve funcionar "realisticamente"².

1. Ver Behringer; Klinker; Mizell (1999) para desenvolvimento da AR na década de 1990.

2. Para detalhamento de modelos de simulação, ver Dangelmaier et al. (2005) e LEE, Hyunsoo (2018).

FIGURA 22 FÁBRICA VIRTUAL PARA SIMULAÇÕES

Fonte: Turner et al. (2016).

O estágio atual do desenvolvimento destas tecnologias para a indústria de diferentes portes no Brasil não deve servir de justificativa para a não investigação das possibilidades do uso de AR na empresa. Pois, se ainda incipiente o seu uso no país, é cada vez maior o investimento no uso destas tecnologias em países concorrentes. Por esta razão, uma boa prática para compreender como estas tecnologias podem ajudar a indústria é pesquisar como os países desenvolvidos estão incentivando e promovendo este tipo de tecnologia para suas indústrias. A participação de funcionários em feiras e congressos sobre o tema no Brasil e no exterior introduz a empresa no espaço de conhecimento onde estão sendo discutidas as tecnologias de fronteira, aquelas necessárias à Indústria 4.0 e posteriores.

Por que auxilia na transformação digital?

O uso da Realidade Aumentada para treinamento de funcionários em operação de equipamentos na linha de produção, informações em processos de manufatura, processos de planejamento e treinos práticos têm sido utilizados largamente com sucesso, tanto para melhorar o desempenho de negócios como na redução de custos de seleção e treinamento (JOU; WANG, 2013). Apesar das poucas ferramentas comerciais ainda disponíveis para o uso de Realidade Aumentada na indústria, alguns estudos com as ferramentas existentes indicam que esta tecnologia reduz tempo e erros de manutenção, além de melhorar positivamente indicadores de desempenho (BENBELKACEM et al., 2013; JETTER; EIMECKE; RESE, 2018; MUJBER; SZECSEI; HASHMI, 2004).





O que é?

Atualmente, a robótica e a automação estão progredindo rapidamente devido a inovações em sensores, dispositivos, redes de informação de dados, otimização e aprendizado de máquina.

Universidades e institutos de pesquisas reconhecidos em países desenvolvidos percebem isso como potencial para melhorar setores da construção, da saúde, da indústria,

do transporte, da segurança e uma ampla gama de outras aplicações. Estima-se que, até 2020, 59% dos fabricantes norte-americanos usarão algum tipo de tecnologia robótica¹. Portanto, aplicações de automação e robótica estão na fronteira da competitividade nos países desenvolvidos.

1. Ver Oztemel; Gursev (2018).

Como funciona?

A Inteligência Artificial e as técnicas de aprendizado de máquina (*Machine Learning – ML*) desempenham um papel significativo na percepção, na cognição e no aprendizado de robôs. Em particular, a técnica de aprendizado profundo (*Deep Learning*) melhorou drasticamente os recursos de aprendizado robótico de dados visuais, devido à disponibilidade de recursos de grande poder de computação e *big data*. Isto permite que sistemas robóticos possam ser utilizados em diferentes situações. Por exemplo, na verificação de embalagem e qualidade dos produtos, sendo operados diretamente ou indiretamente por um funcionário da fábrica, ou ainda na melhoria de processos. No desenvolvimento da robótica industrial, a prioridade tem sido resolver problemas de processo na fabricação. De uma forma geral, pode-se dizer que a maior contribuição da robótica tem sido na melhoria da produtividade das indústrias manufatureiras .

A fábrica do cenário futuro dependerá da presença e cooperação de operadores robóticos

e agentes móveis (sensores, atuadores etc.), compartilhando espaços com os operadores humanos, integrados em uma arquitetura em toda cadeia do negócio, permitindo um tratamento otimizado de todo o processo de produção. Tal fábrica pode ser tratada como um Sistema Ciber-Físico, no qual um sistema robótico desempenha um papel importante, estando envolvido em grandes instalações de produção com diferentes tarefas. Além disso, tecnologias recentes como dispositivos de IoT e outras tecnologias de dados distribuídos como computação em nuvem e *big data* permitem um nível de automação ainda inexplorado na robótica industrial⁴.

Por que auxilia na transformação digital?

Uma boa prática na transição para uma fábrica que incorpore tecnologia desta natureza é começar analisando a Pirâmide da Informação da Automação, observando, primeiro, a integração entre os dados dos diferentes níveis de informação da empresa: processo, dispositivos, controlador/supervisor, fábrica, empresa.

FIGURA 23 NÍVEIS DE INFORMAÇÃO PARA AUTOMAÇÃO



Fonte: Adaptado de Schlechtendahl et al. (2014). Tradução livre FGV.

2. Ver Wang (2018).

3. Ver Day (2018).

4. Mais detalhes em (GRAU et al., 2017; INDRI; GRAU; RUDERMAN, 2018).

6

Integração de Sistema e uso de Sensores

O que é?

Como o próprio nome sugere, a Integração de Sistemas consiste em fazer com que diversas ferramentas de *software* presentes em um ambiente “conversem” entre si, sem a necessidade de ações externas ao ambiente tecnológico, ou seja, sem que seja necessário exportar pacotes de dados de um sistema para outro. Em um ambiente cada vez mais digital, a Integração de Sistemas adquire uma função extremamente importante: fazer com que o fluxo de informações corra livre dentro de uma empresa, o mais rapidamente possível, e integre todos os dados produzidos nesta cadeia de produção, sejam eles produzidos por máquinas, pessoas

ou softwares.

Quando integrados ao uso de sensores, os sistemas de automação representam mecanismos que atuam de forma autônoma, verificando seu próprio funcionamento e efetuando ajustes quando necessários, sem a necessidade da interferência humana. No contexto atual, a terminologia da automação frequentemente se refere a tecnologias que utilizam comandos pré-programados para operar processos ou sistemas interligados com a ajuda de ferramentas computadorizadas ou mecânicas e o uso de robôs.

Como funciona?

Ao longo do ciclo de vida de uma empresa, as necessidades de informações e tecnologia vão se intensificando de forma natural. Ao pensar em uma empresa em estágio inicial de operações, dificilmente se recomendaria a implementação de um sistema que controle todas as funções da organização, desde a produção ao pós-venda, interligados a sensores que regulem a atuação de máquinas e robôs, pois estes sistemas, denominados ERP, custam muito e precisam de processos bem estruturados para poder funcionar a contento. Sendo assim, é natural que as empresas contratem sistemas menores, para áreas específicas, à medida em que a empresa ganha mercado, escala, e passa a ter um negócio mais complexo, do ponto de vista da gestão.

Portanto, quando a empresa cresce, diversos sistemas são adquiridos com funções específicas. Por exemplo, sistema de gestão da produção, sistema de vendas e pós-vendas, sistema de compras e gestão de estoques, entre outros. O problema é que esses sistemas que foram adquiridos de forma isolada não “conversam entre si”, ou seja, as informações que estão armazenadas em um sistema não podem ser “lidas” pelos demais, o que torna o trabalho da empresa muito difícil. Imagine como seria para uma grande empresa se o seu sistema de vendas não puder ler as informações do sistema de produção? Como saber o que existe em estoque, o que se pode vender, quando os pedidos estarão disponíveis para entrega ao cliente, e assim por diante.

Nestes casos, a solução para o problema é a integração de sistemas. Ou seja, criar uma “camada” que consiga ler todos os bancos de dados de todos os sistemas e disponibilizar essas informações a todas as partes da organização.

Com o advento da indústria 4.0 e o uso mais intensivo de processos automatizados, robôs e máquinas autônomas, existem cada vez mais sistemas operando em um processo produtivo, e converter esses dados em informações se torna um desafio. Nestes casos, pode ser útil a utilização de sensores que capturem as informações e enviem a sistemas integrados de gestão para serem analisados e formarem parte do *big data* e *analytics* da empresa¹.

Existem sensores para diversas aplicações e em estágios distintos de maturidade de desenvolvimento disponíveis no mercado. Estudos internacionais² que analisaram a maturidade tecnológica e comercial para sensores inteligentes apontam rotas para boas práticas na adoção de sensores em uma fábrica. Com base nestes estudos, uma boa prática é seguir a rota de adoção descrita na figura a seguir.

1 Para maiores informações, procurar a tecnologia “Big Data e Analytics” neste Guia.

2 Ver (LU; WENG, 2018).

FIGURA 24 ROTA PARA ADOÇÃO DE SENSORES E FLUXO DE INFORMAÇÃO NA EMPRESA

Fonte: Elaboração FGV.

Esta rota é mais apropriada para indústrias ainda em estágios iniciais, onde a existência de sensores e atuadores não é uma realidade. Para indústrias em estágio mais avançado, espera-se que esta adoção já seja uma realidade, permitindo avançar na integração com Sistemas Robóticos, IoT ou IA.

Para além, temos os sensores e atuadores disponíveis para IIoT. Em um cenário típico de IIoT, um grande número de sensores e dispositivos inteligentes coleta dados do mundo real e se comunica uns com os outros e com a nuvem computacional, por meio de redes sem fio para trocar informações e/ou fornecer serviços específicos. As plataformas de IIoT normalmente implantam uma grande escala de objetos inteligentes, incluindo sensores, atuadores e dispositivos de identificação por radiofrequência (RFID) para monitorar

remotamente diferentes parâmetros físicos, ambientais e mesmo fisiológicos para melhorar as atividades e/ou a qualidade de vida dos clientes, pessoa física ou jurídica¹.

Espera-se que o uso correto das informações em tempo real na indústria seja atividade primordial na liderança desta revolução industrial. Pois, um alto nível de variabilidade na produção e no uso dos produtos e serviços é a chave para entender o que é variabilidade, a fim de reduzi-la e integrá-la em ferramentas de gerenciamento de produção, levando a um alto nível de informações confidenciais. Atualmente, pedimos mais foco na compreensão básica dos sistemas de produção e no maior uso de dados industriais em pesquisas a fim de encontrar soluções para a “indústria inteligente” de amanhã.

3 Para detalhamento de sensores em IoT, ver (DJELOUAT; AMIRA; BENSAAALI, 2018).

Por que auxilia na transformação digital?

Detecção antecipada de mau funcionamento de equipamentos em um fábrica é uma prova efetiva na redução de potenciais custos de parada na operação, sendo uma função importante de diversos sensores disponíveis comercialmente. Se este dispositivo, além da detecção, consegue atuar no equipamento (atuadores), corrigindo trajetória de produção, o potencial é ainda maior tanto em redução de custos de parada como na melhoria do processo automatizado, por exemplo. Indústria 4.0 ou Industrial Internet das Coisas (*Industrial Internet of Things – IIoT*) são dois termos presentes na evolução do controle e automação industrial.

Esta evolução não seria possível sem os sensores inteligentes, que geram os dados e permitem novas funcionalidades desde automonitoramento e autoconfiguração até monitoramento de condições em processos complexos⁴. Como sensores inteligentes geram dados e estes precisam ser coletados e analisados, verifica-se a importância deste dispositivo para toda a cadeia de informação decisória dentro da empresa. Sensores e atuadores em áreas de separação e controle de qualidade, por exemplo, no nível de processo, podem garantir que produtos defeituosos não sejam destinados a clientes.

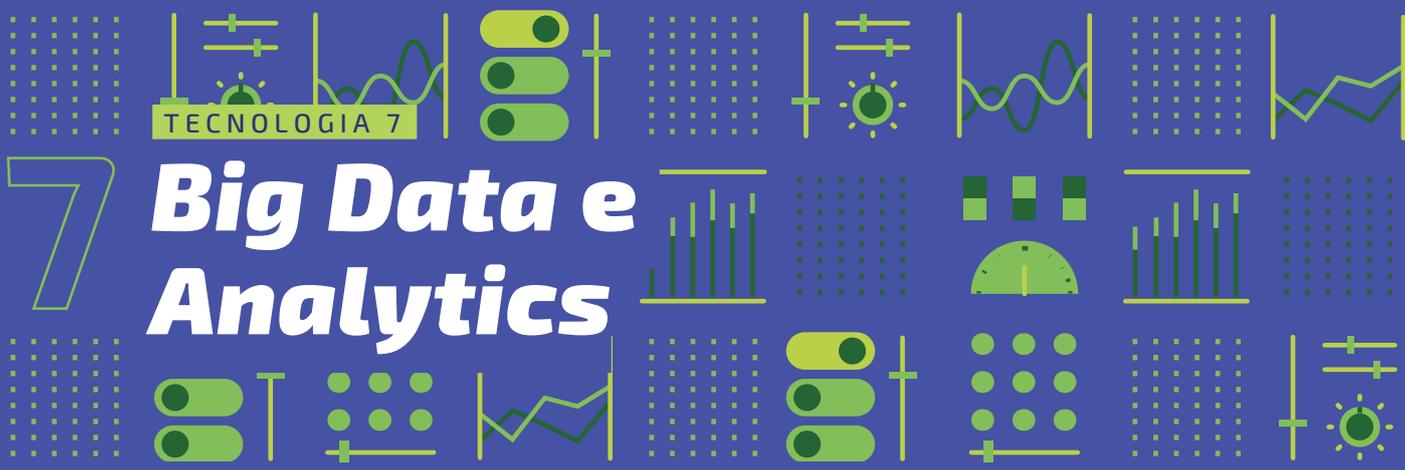
No nível de informação de dispositivos, sensores inteligentes que realizam automonitoramento e autoconfiguração garantem um funcionamento adequado de determinado processo ou ambiente. Todas as informações geradas nestes dois níveis podem ser utilizadas por sistemas robóticos, por outros dispositivos (rede

de sensores), dispositivos IoT, *softwares* de gestão empresarial, ou, ainda, alimentar uma simulação na fábrica virtual em ambiente de Realidade Virtual (VR). Portanto, sensores inteligentes estão na base do processo para a indústria 4.0.

Além disso, a integração de sistemas, do ponto de vista do funcionamento conjunto de *software*, também pode agregar valor ao processo produtivo da indústria. Os principais benefícios obtidos pela integração dos sistemas são:

- **Melhoria na gestão dos processos internos:** os diversos setores da empresa terão acesso às informações em tempo real, evitando que ocorram erros de comunicação que gerem erros de procedimentos, por exemplo, vender em maior quantidade do que os estoques ou negatar um cliente que já realizou um pagamento. A integração de sistemas reduz os erros oriundos de decisões equivocadas com informações erradas e, assim, reduz o risco de prejuízos financeiros.
- **Aumento de produtividade:** ter acesso às informações necessárias no momento exato em que se precisa delas pode gerar altos ganhos de produtividade em todos os setores da empresa.
- **Redução de erros:** à medida em que “os sistemas conversam”, não existe mais a necessidade de se imputar dados nos sistemas. Eles automaticamente se alimentam das informações um do outro, reduzindo os erros que existiam pela necessidade de se exportar informações de um sistema para introduzir em outro (por exemplo: com a integração dos sistemas, os itens vendidos já são disponibilizados para o estoque e linha de produção, assim como para a contabilidade, de forma que todos os setores já podem iniciar suas atividades sem a necessidade de se imputar dados).

4 Ver (SCHÜTZ; HELWIG; SCHNEIDER, 2018).



TECNOLOGIA 7

7 Big Data e Analytics

O que é?

Big Data é o nome atribuído a sistemas que possuem capacidade de capturar e armazenar grandes volumes de dados. Em conjunto com a capacidade de analisar estes dados (*Analytics*), é possível utilizar estes dados para gerar informações

para a empresa em diversas áreas.

O *Big Data* e *Analytics*, portanto, se constitui em um sistema capaz de capturar, armazenar e analisar volumes imensos de dados com uma velocidade em tempo real, mesmo que esses dados possuam formatos e origens distintas.

Como funciona?

A lógica do *Big Data* e *Analytics* - BDA precisa fazer parte da cultura organizacional. É o que se denomina de “cultura baseada em dados”, ou seja, a empresa precisa compreender que em todos os momentos de seu processo produtivo e de sua interação com seus clientes e fornecedores, estão sendo gerados dados extremamente relevantes para o desenvolvimento do *Big Data* e *Analytics*. Estes dados, quando armazenados de forma correlacionada, formam uma “massa” capaz de produzir análises de correlação entre fenômenos que, aparentemente, não possuem conexão.

A geração de informações válidas e úteis sempre foi uma das principais atividades gerenciais de uma organização. Compreender como seus clientes decidem sua compra, porque determinados períodos do ano aceleram suas vendas, como determinar o *mix* de produção para o mercado em que atua e tantas outras perguntas, sempre foram objeto de estudo por parte das organizações. Agora, porém, o *Big Data* e *Analytics* permite que se construa uma base de dados imensa capaz de responder a essas perguntas de forma mais assertiva, com métricas estatísticas e quase que em tempo real. Para isso, o *Big Data* e *Analytics* precisa atuar com três “V”s:

- **Volume de dados:** quanto mais dados coletados e armazenados no *Big Data*, mais possibilidades de análise e melhor a assertividade do sistema. Para se estabelecer conexões com parâmetros confiáveis, é necessário volumes de dados. Com a tecnologia atualmente disponível, volume de dados não é um problema (não vai ser difícil de “rodar a base de dados”), mais uma solução;
- **Velocidade de análise:** as tecnologias atualmente implementadas para construção

das bases de dados (*cloud computing*, *blockchain*, entre outros) permite que os dados possam estar descentralizados ou armazenados em uma mesma base, sem que isso seja impeditivo para que o sistema consiga analisar as bases em uma velocidade de resposta quase que em tempo real. Sistemas de armazenamento de informações como RFID, código de barras, sensores e medições inteligentes também ajudam na velocidade do tempo de análise pois já agrupam conjuntos de informações de fácil leitura e ajudam a reduzir o tempo de resposta das análises;

- **Variedade dos dados:** os atuais sistemas de *Big Data* e *Analytics* têm capacidade de “ler” os dados em diversos formatos, desde dados estruturados em bancos de dados tradicionais até documentos de texto, *e-mail*, vídeos, áudios. Esta capacidade se deve ao avanço das tecnologias capazes de interpretar dados e normatizar a base para análise.

Para se ter uma ideia de como essa multiplicidade de informações em diversos formatos permeiam o cotidiano das empresas, os sistemas de *Big Data* e *Analytics*, das empresas é capaz de coletar, armazenar e analisar dados, juntando tudo em uma única base de dados, de:

- **Sistemas de gestão da empresa** (ERP, CRM, *Business Intelligence*);
- **Arquivos de log de servidores** *web*;
- **Conteúdos de mídias sociais;**
- **E-mail** enviado por consumidores à empresa;
- **Conteúdos de sites** de reclamação on-line;
- **Indicadores macroeconômicos;**
- **Informações de localização** a partir do uso do celular;

- Pesquisas de satisfação realizadas pela empresa;
- Ligações ao SAC da empresa;
- Programas de fidelidade;
- Opinião sobre o produto nos *sites de marketplaces* ou no *site da empresa*.

Estas são apenas algumas das fontes de dados que são capazes de serem coletados, armazenados e analisados por um sistema de BDA. Todos esses dados podem ser objeto de avaliação da empresa para descobrir informações sobre seu mercado, seu cliente, seu processo produtivo e alinhar suas ações com as estratégias organizacionais.

Por que auxilia na transformação digital?

O uso de tecnologias de BDA tem se mostrado uma grande aliada das empresas que desejam ter uma presença mais ativa no universo digital e compreendem que as interações com seus clientes serão realizadas cada vez mais no universo *on-line*. Essas ferramentas podem reduzir custos das empresas em aquisição de dados e ações de *marketing*, ao melhor endereçar suas ações aos clientes de forma correta. Além disso, o BDA permite uma tomada de decisão de forma mais eficiente e rápida, com maiores chances de sucesso. Por fim, a imensa quantidade de dados é extremamente importante para o desenvolvimento de novos produtos e mercados, auxiliando as empresas a melhor competir e aumentar sua produtividade.







O que é?

Como o próprio nome sugere, a integração de sistemas consiste em fazer com que diversas ferramentas de software presentes em um ambiente “conversem” entre si, sem a necessidade de ações externas ao ambiente tecnológico, ou seja, sem que seja necessário exportar pacotes de dados de um sistema para outro.

Em um ambiente cada vez mais digital, a integração de sistemas adquire uma função extremamente importante: fazer com que o fluxo de informações corra livre dentro de uma empresa, o mais rapidamente possível, e integre todos os dados produzidos nesta cadeia de produção, sejam eles produzidos por máquinas, pessoas ou softwares.

Como funciona?

Ao longo do ciclo de vida de uma empresa, as necessidades de informações e tecnologia vão se intensificando de forma natural. Ao pensar em uma empresa em estágio inicial de operações, dificilmente se recomendaria a implementação de um sistema que controle todas as funções da organização, desde a produção ao pós-venda, pois estes sistemas, denominados ERP, custam muito e precisam de processos bem estruturados para poder funcionar a contento. Sendo assim, é natural que as empresas contratem sistemas menores, para áreas específicas, à medida que a empresa ganha mercado, escala e passa a ter um negócio mais complexo, do ponto de vista da gestão.

Portanto, quando a empresa cresce, diversos sistemas são adquiridos com funções específicas, por exemplo, sistema de gestão da produção, sistema de vendas e pós-vendas, sistema de compras e gestão de estoques, entre outros. O problema é que esses sistemas que foram adquiridos de forma isolada, não “conversam entre si”, ou seja, as informações que estão armazenadas em um sistema não podem ser “lidas” pelos demais, o que torna o trabalho da empresa muito difícil. Imagine como seria para uma grande empresa se o seu sistema de vendas não puder ler as informações do sistema de produção? Como saber o que existe em estoque, o que se pode vender, quando os pedidos estarão disponíveis para entrega ao cliente, e assim por diante.

Nestes casos, a solução para o problema é a integração de sistemas. Ou seja, criar uma “camada” que consiga ler todos os bancos de dados de todos os sistemas e disponibilizar essas informações a todas as partes da organização.

Com o advento da indústria 4.0 e o uso mais intensivo de processos automatizados, robôs e máquinas autônomas, existem cada vez mais sistemas operando em um processo produtivo

e converter esses dados em informações se torna um desafio. Nestes casos, pode ser útil a utilização de sensores que capturem as informações e enviem a sistemas integrados de gestão para serem analisados e formarem parte do Big Data e Analytics da empresa .

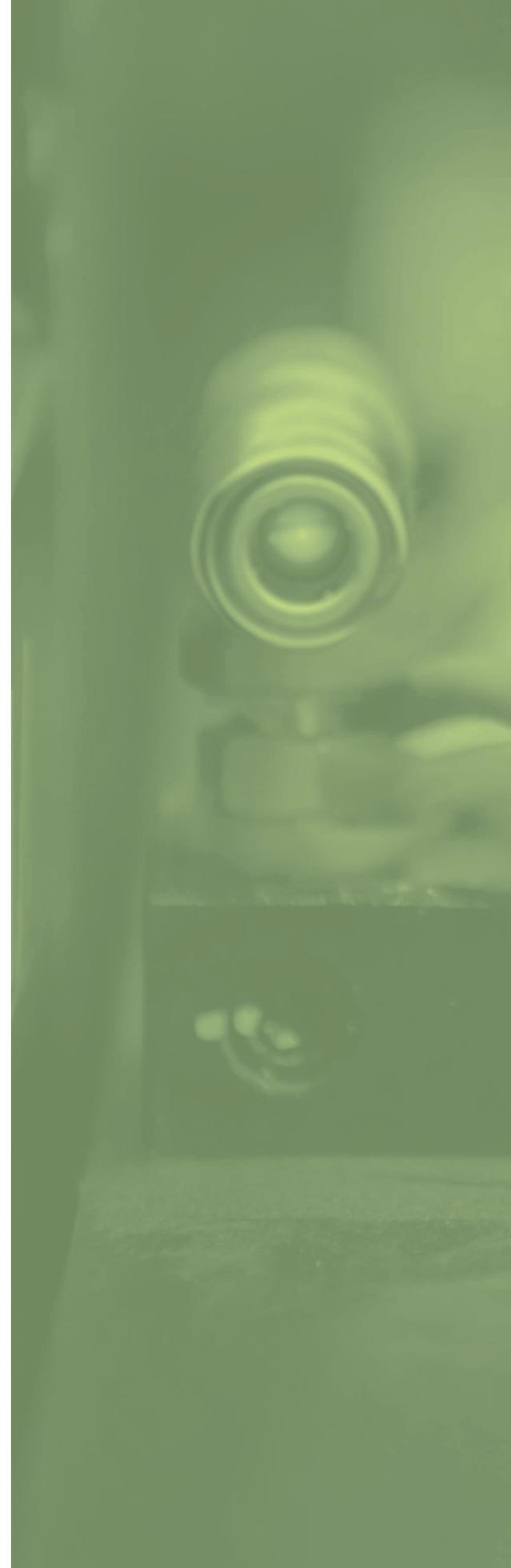
Os principais benefícios obtidos pela integração dos sistemas são:

- **Melhoria na gestão dos processos internos:** os diversos setores da empresa terão acesso às informações em tempo real, evitando que ocorram erros de comunicação que gerem erros de procedimentos, por exemplo, vender em maior quantidade do que os estoques ou negativar um cliente que já realizou um pagamento. A integração de sistemas reduz os erros oriundos de decisões equivocadas com informações erradas e assim, reduz o risco de prejuízos financeiros.
- **Aumento de produtividade:** ter acesso às informações necessárias no momento exato em que se precisa delas pode gerar altos ganhos de produtividade em todos os setores da empresa.
- **Redução de erros:** À medida que “os sistemas conversam”, não existe mais a necessidade de se imputar dados nos sistemas. Eles automaticamente se alimentam das informações um do outro, reduzindo os erros que existiam pela necessidade de se exportar informações de um sistema para introduzir em outro (por exemplo: com a integração dos sistemas, os itens vendidos já são disponibilizados para o estoque e linha de produção assim como para a contabilidade, de forma que todos os setores já podem iniciar suas atividades sem a necessidade de se imputar dados).

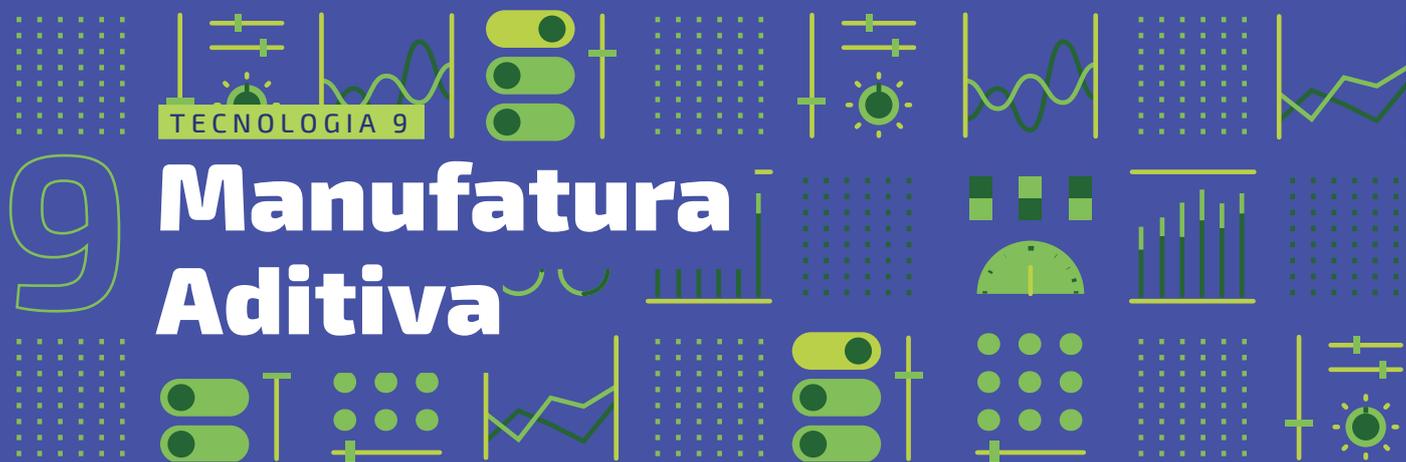
Por que auxilia na transformação digital?

A integração de sistemas ajuda a tornar tarefas realizadas cotidianamente de forma manual, em atividades realizadas a partir da leitura de informações nos sistemas integrados da empresa. Imagine que, em uma empresa sem sistemas integrados, o vendedor precise, todos os dias, receber um relatório do setor de produção para saber as quantidades que possui para venda e o prazo de entrega. A cada dia devem ser originados os relatórios de cada área para que essa informação possa circular na empresa, porém a partir do momento em que os sistemas estiverem integrados, estas atividades passam a ser realizadas de forma digital, acessando diretamente o sistema integrado da empresa.

Pode parecer algo simples e trivial, mas a integração de sistemas muitas vezes é crucial para o desenvolvimento dos negócios de forma digital, pois muda rotinas e procedimentos e agiliza o trabalho das equipes dos diversos setores da organização.







O que é?

Comumente conhecida como “impressão 3D”, a Manufatura Aditiva é um novo processo de produção que utiliza máquinas para fabricação de objetos através de um processo de adição de camadas até a obtenção do resultado final, daí o nome “Manufatura Aditiva”. Este formato de produção transforma projetos de modelos digitais em objetos reais a partir do uso de equipamentos de impressão em

formato 3D, utilizando diversos materiais. Atualmente, a Manufatura Aditiva tem avançado em todas as áreas da sociedade, desde a construção civil até a medicina, com a produção de próteses, pele sintética, cartilagem, entre outros. A indústria da manufatura aditiva tem ampliado sua importância e abrangência, reduzindo as barreiras entre a produção e a customização em massa.

Como funciona?

O início de um projeto em Manufatura Aditiva é a construção de um “molde virtual”, um desenho em 3D, em um arquivo de computador. Este desenho é então enviado para impressão em uma máquina capaz de “construir” este objeto em 3D. Esta capacidade de “transformar em realidade desenhos em 3D” é uma das grandes vantagens da Manufatura Aditiva, pois torna possível a fabricação de peças com geometrias complexas, que dificilmente poderiam ser produzidas em processo de usinagem tradicional.

Atualmente, existem várias tecnologias que permitem a impressão destes objetos em diversos materiais, porém os mais utilizados são:

- **FDM** (*Fused Deposition Modeling*): utiliza filamentos de polímeros como matéria-prima, aquecendo este filamento se obtém um termoplástico de alta resistência;
- **SLA** (*Stereolithography Apparatus*): utiliza luz ultravioleta para curar resinas líquidas em um processo de foto-solidificação, onde a luz que incide sobre a resina plástica causa mudanças nas moléculas para formar um novo polímero no desenho que se deseja imprimir;
- **SLS** (*Selective Laser Sintering*): utiliza granulados de plásticos, cerâmicas e metais que são sintetizados a partir da emissão de um laser. Neste caso, o laser, como fonte de energia, sintetiza o pó granulado em um formato definido pelo desenho 3D que se está imprimindo;
- **SLM** (*Selective Laser Melting*): bastante semelhante ao SLS, esta técnica utiliza como matéria-prima pó metálico. Diferentemente da técnica do SLS, a SLM derrete o pó ao invés de sintetizá-lo, para então criar uma estrutura sólida.

Essas tecnologias permitem a criação de uma infinidade de produtos, protótipos, próteses e objetos que são utilizados em diversas áreas e para diversas finalidades. A Manufatura Aditiva tem ganhado cada vez mais espaço na indústria 4.0 ao redor do mundo pela sua capacidade de produzir objetos detalhados, com melhor acabamento, baixo custo de produção, mais leves e fortes do que os similares produzidos de forma tradicional.

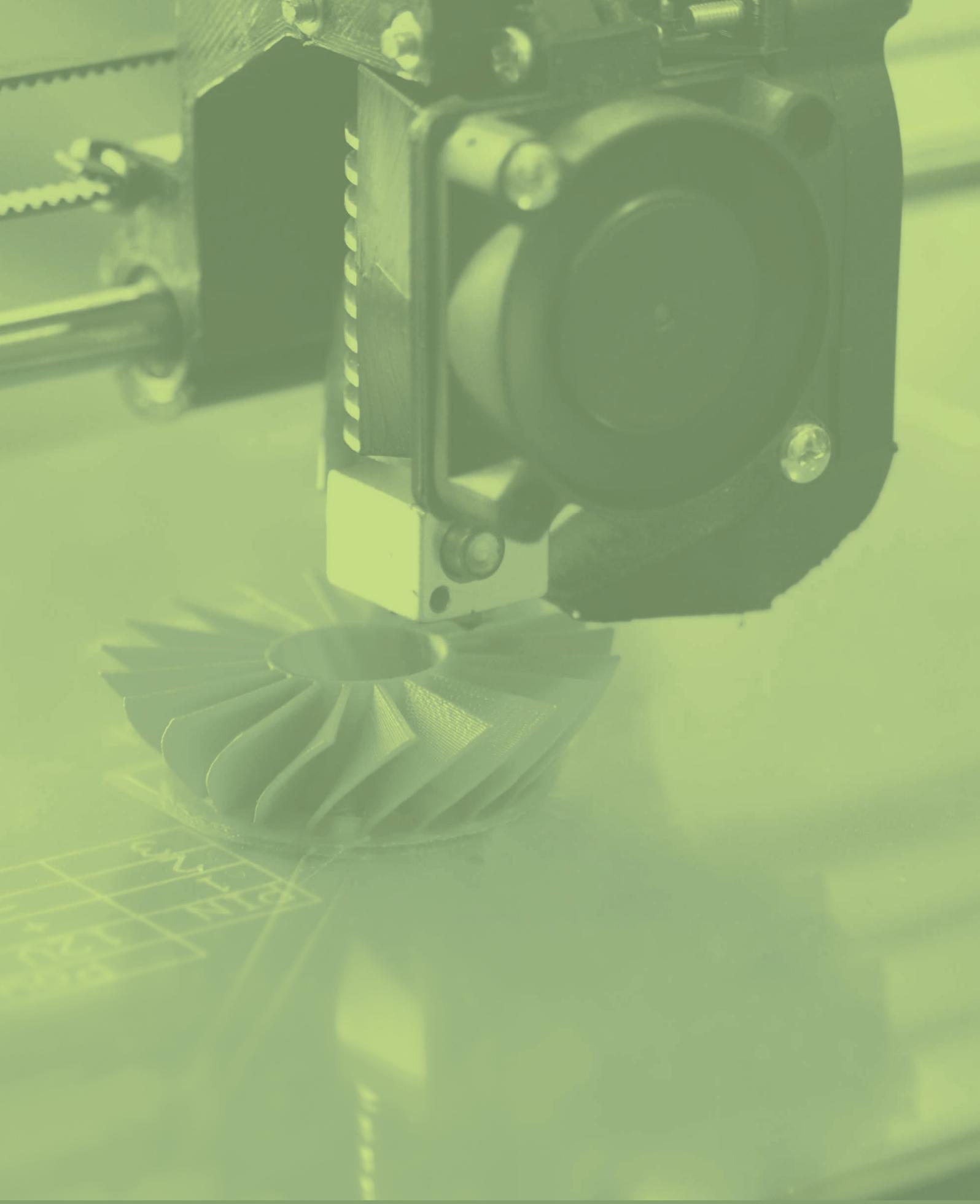
Setores aeroespacial, automobilístico, construção civil, saúde, entre outros, estão avançando rapidamente na implementação de soluções a partir do uso da Manufatura Aditiva, customizando peças e produtos, com baixo custo e atendimento imediato. Alguns dos polímeros produzidos pelas impressões 3D possuem certificação antichama, antifumaça e atóxica, sendo mais ecológicos, recicláveis e seguros do que os produtos tradicionais.

Por fim, a Manufatura Aditiva proporciona a redução dos custos de produção, de armazenagem de estoques, de logística e transporte de peças e ferramentas, uma vez que tudo fica armazenado em um computador e pode ser impresso sob demanda, a qualquer momento.

Por que auxilia na transformação digital?

A Manufatura Aditiva é uma tecnologia digital em todos os aspectos. Desde a concepção do objeto em um arquivo de formato 3D até a impressão em uma máquina, existe a digitalização do processo produtivo. Os estoques físicos são trocados por estoques de desenhos em 3D e de matéria-prima para impressão. A indústria pode produzir uma quantidade quase infinita de produtos com o uso da mesma matéria-prima, bastando alterar o desenho em 3D. A produção se torna digital, o contato com o cliente é digitalizado e o molde passa a ser um desenho em 3D. Todo o processo produtivo se torna digital.





TECNOLOGIA 10

10 Computação em Nuvem (cloud computing)

O que é?

A Computação em Nuvem consiste no uso de *data centers* interligados pela internet para armazenamento de informações e realização de operações de cálculo, remotamente. Estes *data centers* podem ser acessados de qualquer lugar do mundo e a qualquer hora,

não sendo necessário ter controle físico do local onde os dados estão armazenados. Por se tratarem de instalações que podem estar em qualquer lugar e serem acessadas pela internet, faz-se alusão ao termo “nuvem”, não sendo necessária qualquer interação física com os equipamentos de armazenagem.

Como funciona?

O princípio da Computação em Nuvem consiste na utilização de infraestrutura terceirizada para realização das operações individuais ou organizacionais. De forma mais clara, a Computação em Nuvem permite que se acesse programas, arquivos ou serviços e se armazene grandes quantidades de dados e informações sem que a empresa (ou pessoa) necessite montar uma estrutura física de servidores e computadores em rede. Neste sentido, a empresa contrata um plano que se adequa à sua necessidade de uso e, a partir de seus computadores, acessa essa infraestrutura terceirizada de qualquer lugar do mundo e a qualquer hora.

Cada computador possui uma quantidade limitada de capacidade de armazenamento de arquivos e programas, o HD (*hard drive*). A Computação em Nuvem seria um grande HD contratado para uso pela internet. Neste serviço, ao invés dos dados serem armazenados no HD de seu computador, eles serão salvos em um HD de um computador disponível na internet, por isso se diz “na nuvem” de computadores.

Porém, o avanço das opções de Computação em Nuvem traz a possibilidade de se contratar diversos serviços pela internet, não apenas a armazenagem de arquivos. Na realidade, existe toda uma indústria de prestação de serviços em *cloud computing*. É possível se contratar apenas a infraestrutura (armazenagem de dados, servidores, redes e sistemas operacionais), uso de *softwares* integrados a plataformas na nuvem, serviços segurança e proteção de dados *on-line*, entre outras possibilidades.

A Computação em Nuvem aumenta substancialmente o desempenho das organizações com baixo custo, uma vez que

não se faz necessário investir na infraestrutura que seria demandada para realizar as atividades, caso não se utilizasse os serviços em nuvem. Neste sentido, existem ganhos de produtividade associados ao uso de uma infraestrutura em nuvem e melhoria no desempenho da realização das atividades com segurança de dados. Além disso, a Computação em Nuvem permite que os dados e arquivos sejam acessados a partir de qualquer terminal conectado a internet, como computadores, smartphones e tablets.

Por que auxilia na transformação digital?

O uso da Computação em Nuvem permite à empresa digitalizar seus procedimentos de armazenagem e uso de informações a partir de qualquer ponto de acesso a internet. Todos os elos da empresa (produção, vendas, financeiro, dentre outros) podem se manter conectados a sistemas de gestão da empresa em soluções que sejam baseadas em *cloud computing*, em tempo real. A digitalização dos arquivos e bases de informações também auxiliam no acesso remoto a toda informação necessária para o andamento das operações da empresa. Neste sentido, a Computação em Nuvem pode ajudar na transformação digital da empresa por levar o conteúdo, os sistemas utilizados, as bases de dados e os aplicativos para a internet, facilitando o acesso e o controle de informação, a conexão com clientes e o tempo de resposta de forma *on-line*.



Referências Bibliográficas



- BENBELKACEM, Samir et al. Augmented reality for photovoltaic pumping systems maintenance tasks. *Renewable Energy*, v. 55, p. 428–437, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2012.12.043>>.
- BRYNJOLFSSON, Erik; MITCHELL, Tom. What can machine learning do? Workforce implications. *Science*, v. 358, n. 6370, p. 1530–1534, 22 dez. 2017. Disponível em: <<http://www.sciencemag.org/lookup/doi/10.1126/science.aap8062>>.
- CHOI, Sangsu; JUNG, Kiwook; NOH, Sang Do. Virtual reality applications in manufacturing industries: Past research, present findings, and future directions. *Concurrent Engineering Research and Applications*, v. 23, n. 1, p. 40–63, 2015.
- DANGELMAIER, Wilhelm et al. Virtual and augmented reality support for discrete manufacturing system simulation. *Computers in Industry*, v. 56, n. 4, p. 371–383, 2005.
- DAY, Chia-peng. Robotics in Industry – Their Role in Intelligent Manufacturing. *Engineering*, v. 4, n. 4, p. 440–445, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.eng.2018.07.012>>.
- DJELOUAT, Hamza; AMIRA, Abbas; BENSALI, Faycal. Compressive Sensing-Based IoT Applications: A Review. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, v. 7, n. 4, p. 45, 2018. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2224-2708/7/4/45>>.
- FARSHID, Mana et al. Go boldly!: Explore augmented reality (AR), virtual reality (VR), and mixed reality (MR) for business. *Business Horizons*, v. 61, n. 5, p. 657–663, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.05.009>>.
- GRAU, Antoni et al. Industrial robotics in factory automation: From the early stage to the Internet of Things. out. 2017, [S.l.]: IEEE, out. 2017. p. 6159–6164. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/8217070/>>.
- GRAY, Mary L.; SURI, Siddharth. The humans working behind the AI curtain. *Harvard Business Review*, 2017. Disponível em: <<https://hbr.org/2017/01/the-humans-working-behind-the-ai-curtain>>.
- HAYES, Robert H.; WHEELWRIGHT, Steven C. Restoring our competitive edge. Chichester: Wiley, 1984.
- HAYES, Robert H.; WHEELWRIGHT, Steven C. Competing through manufacturing. *Harvard Business Review* (January-February), 1985.
- INDRI, Marina; GRAU, Antoni; RUDERMAN, Michael. Guest Editorial Special Section on Recent Trends and Developments in Industry 4.0 Motivated Robotic Solutions. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 2018.
- JARRAHI, Mohammad Hossein. Artificial intelligence and the future of work: Human-AI symbiosis in organizational decision making. *Business Horizons*, v. 61, n. 4, p. 577–586, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.03.007>>.
- JETTER, Jérôme; EIMECKE, Jörgen; RESE, Alexandra. Augmented reality tools for industrial applications: What are potential key performance indicators and who benefits? *Computers in Human Behavior*, v. 87, n. February, p. 18–33, 2018.
- JOU, Min; WANG, Jingying. Investigation of effects of virtual reality environments on learning performance of technical skills. *Computers in*

- Human Behavior, v. 29, n. 2, p. 433–438, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2012.04.020>>.
- KROTOV, Vlad. The Internet of Things and new business opportunities. *Business Horizons*, 2017.
- LEE, Hyunsoo. Real-time manufacturing modeling and simulation framework using augmented reality and stochastic network analysis. *Virtual Reality*, n. 0123456789, p. 1–15, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10055-018-0343-6>>.
- LEE, Jay et al. Industrial Artificial Intelligence for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, v. 18, p. 20–23, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2018.09.002>>.
- LU, Hsi Peng; WENG, Chien I. Smart manufacturing technology, market maturity analysis and technology roadmap in the computer and electronic product manufacturing industry. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 133, n. March, p. 85–94, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.03.005>>.
- MANYIKA, James et al. The Internet of Things: Mapping the Value Beyond the Hype. McKinsey Global Institute. [S.l.: s.n.], 2015. Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/the-internet-of-things-the-value-of-digitizing-the-physical-world>>.
- MUJBER, T. S.; SZECSI, T.; HASHMI, M. S.J. Virtual reality applications in manufacturing process simulation. *Journal of Materials Processing Technology*, v. 155–156, n. 1–3, p. 1834–1838, 2004.
- OHNO, T. O sistema de produção Toyota: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Ed. Bookman, 1997.
- PEGDEN, C. D.; SHANNON, R. E.; SADOWSKY, R. P. Introduction to simulation using SIMAN. McGraw-Hill, NY. 2 ed., 1990.
- OZTEMEL, Ercan; GURSEV, Samet. Literature review of Industry 4.0 and related technologies. *Journal of Intelligent Manufacturing*, n. January, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10845-018-1433-8>>.
- SCHLECHTENDAHL, Jan et al. Making existing production systems Industry 4.0-ready: Holistic approach to the integration of existing production systems in Industry 4.0 environments. *Production Engineering*, 2014.
- SCHÜTZE, Andreas; HELWIG, Nikolai; SCHNEIDER, Tizian. Sensors 4.0 - Smart sensors and measurement technology enable Industry 4.0. *Journal of Sensors and Sensor Systems*, 2018.
- SHOOK, J. Gerenciando para o aprendizado. São Paulo: Lean Institute, 2008.
- SLACK, BRANDON-JONES, JOHNSTON, Nigel, BRANDON-JONES, A., JOHNSTON, Robert. Administração da Produção. 8ª ed - São Paulo: Atlas, 2018.
- TAO, Fei et al. Data-driven smart manufacturing. *Journal of Manufacturing Systems*, v. 48, p. 157–169, 2018. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0278612518300062>>.
- TURNER, Christopher J. et al. Discrete Event Simulation and Virtual Reality Use in Industry: New Opportunities and Future Trends. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, v. 46, n. 6, p. 882–894, 2016.
- WANG, Tianran. Editorial Overview : Advances in Robotic Technologies. *Engineering*, v. 4, n. 4, p. 433–434, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.eng.2018.07.016>>.





ABDI

Agência Brasileira de
Desenvolvimento Industrial

BRASÍLIA-DF

SIG Quadra 4, Bloco B
Ed. Capital Financial Center
Tel.: +55 61 3962 8700
Fax.: +55 61 3962 8715

www.abdi.com.br